

# **SKRIPSI**

**OPTIMASI JUMLAH TENAGA KERJA KONSTRUKSI OLEH KONTRAKTOR DENGAN  
METODE SIMPLEKS PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG RUANG ARSIP DAN  
RUANG SERBAGUNA BALAI SARANA DAN PRASARANA UNIT HIDROLOGI TAHAP  
II KOTA AMBON**



**Disusun Oleh :**

**RENGGA EKA SARVIAN MANGUNREDJO**

**10.21.025**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG  
2016**

## ABSTRAK

**Rengga Eka Sarvian Mangun Redjo, 2016, OPTIMASI JUMLAH TENAGA KERJA KONSTRUKSI OLEH KONTRAKTOR DENGAN METODE SIMPLEKS PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG RUANG ARSIP DAN RUANG SERBAGUNA BALAI SARANA DAN PRASARANA UNIT HIDROLOGI TAHAP II AMBON, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang. Pembimbing I : Munasih,Ir.,MT,Pembimbing II : Edi Hargono DP ,Ir.,MS**

---

Dalam proses pekerjaan konstruksi, berbagai kendala dapat muncul secara tidak terduga, salah satunya berkaitan dengan sumber daya manusia atau tenaga kerja. Pelaksanaan kegiatan konstruksi yang melibatkan banyak kegiatan, tentu membutuhkan perencanaan jumlah tenaga kerja yang matang.

Pihak kontraktor, selaku perencana dituntut dapat melakukan pengendalian berkaitan biaya proyek dan perencanaan tenaga kerja sehingga tidak mengalami kerugian.

Metode simpleks merupakan salah satu model umum dalam teknik pemograman linier yang dapat digunakan untuk pemecahan masalah pengalokasian sumber-sumber daya yang terbatas secara optimal untuk mencapai hasil yang optimal, yaitu suatu hasil yang mencerminkan sasaran tertentu yang paling baik (menurut model matematis) diantara alternatif-alternatif lainnya

Dari hasil analisa program bantu simpleks dengan software *LiPS*, diperoleh jumlah total masing tenaga kerja pada pekerjaan pembesian, pembetonan, pekerjaan pasangan dinding dan pekerjaan plafond, yaitu 40 orang pekerja, 11 orang tukang besi, 6 orang tukang batu, 2 orang tukang kayu, 1 orang kepala tukang besi dan 1 mandor. Dari hasil optimasi jumlah tenaga kerja, diperoleh total biaya upah minimum, yaitu Rp.5.980.000 perhari, dengan penghematan biaya sebesar 15,77%.

**Kata Kunci:**Pekerjaan konstruksi, Tenaga kerja, Kontraktor, Metode simpleks, *Software LiPS*.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penyusun panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya sehingga dapat terselesaikannya proposal skripsi dengan judul : **“OPTIMASI JUMLAH TENAGA KERJA KONSTRUKSI OLEH KONTRAKTOR DENGAN METODE SIMPLEKS”** yang merupakan salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Sehubung dengan hal tersebut, dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Lalu Mulyadi, MT selaku Rektor ITN Malang
2. Bapak Ir. Sudirman Indra, M.Sc selaku Dekan FTSP ITN Malang
3. Bapak Ir. Agus Santosa, MT selaku Kaprodi Teknik Sipil S-1 ITN Malang
4. Ibu Ir. Munasih, MT. dan Bapak Ir. Edi Hargono DP, MS. selaku dosen pembimbing Skripsi.
5. Kedua orangtua dan keluarga yang senantiasa memberikan dukungan, motivasi dan do’a.
6. Rekan-rekan Teknik Sipil S-1 yang sedikit banyak telah membantu.

Dalam menulis laporan ini penulis menyadari bahwa terdapat banyak kekurangan, hal ini dikarenakan terbatasnya kemampuan penulis. Maka penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari para pembaca demi kesempurnaan laporan ini.

Malang, ... September 2016

Penulis

# DAFTAR ISI

## LEMBAR JUDUL

LEMBAR PERSETUJUAN .....	i
--------------------------	---

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
-------------------------	----

ABSTRAK .....	iii
---------------	-----

KATA PENGANTAR.....	iv
---------------------	----

DAFTAR ISI.....	v
-----------------	---

DAFTAR GAMBAR.....	vi
--------------------	----

DAFTAR TABEL .....	vii
--------------------	-----

## BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
-------------------------	---

1.2 Rumusan Masalah.....	3
--------------------------	---

1.3 Tujuan Studi .....	3
------------------------	---

1.4 Manfaat Studi .....	3
-------------------------	---

1.5 Batasan Masalah .....	4
---------------------------	---

## BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Umum .....	5
-------------------------	---

2.2 Manajemen Proyek Konstruksi.....	6
--------------------------------------	---

2.3 Pihak – Pihak Yang Terlibat Dalam Proyek Konstruksi .....	8
---	---

2.4 Koefisien Tenaga Kerja .....	14
----------------------------------	----

2.5 Produktivitas Kelompok Kerja .....	16
--	----

2.6 Rencana Anggaran Biaya .....	18
----------------------------------	----

2.7 Hubungan Antara Biaya dengan Penambahan Jumlah Tenaga Kerja.....	20
--	----

2.8 Penjadwalan.....	21
----------------------	----

2.9 Program Linear .....	22
--------------------------	----

2.9.1 Pengertian Program Linier.....	22
--------------------------------------	----

2.9.2 Model Program Linear .....	23
2.9.3 Metode – Metode dalam Pemograman Linear.....	26
2.9.4 Metode Simpleks sebagai Alternatif Pemecahan Masalah .....	29
2.10 Studi Terdahulu .....	35

### **BAB III METODOLOGI STUDI**

3.1 Data Umum Proyek .....	37
3.2 Data dan Metode Pengumpulan Data .....	38
3.2.1 Data yang Dibutuhkan .....	38
3.2.2 Metode Pengumpulan Data .....	38
3.3 Metode Pustaka.....	38
3.4 Analisa Data .....	38
3.5 Hasil Analisa.....	43
3.4 Bagan Alir Studi .....	44

### **BAB IV ANALISA PEMBAHASAN STUDI**

4.1 Identifikasi Data.....	45
4.1.1 Volume Pekerjaan .....	45
4.1.2 Penjadwalan.....	113
4.1.3 Koefisien Tenaga Kerja .....	115
4.1.4 Analisa Jumlah Tenaga Kerja .....	118
4.1.5 Upah Tenaga Kerja .....	128
4.2 Analisa Dengan Metode Simpleks .....	129
4.2.1 Penetapan Fungsi Tujuan .....	129
4.2.2 Fungsi Pembatas .....	132
4.2.3 Sistematis Persamaan Simpleks .....	155
4.3 Analisa Persamaan Metode Simpleks dengan Software Computer LiPS ..	157
4.4 Hasil Analisa .....	160

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	167
5.2 Saran .....	168

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Parameter Proyek Tiga Kendala.....	7
Gambar 2.2 Pihak Yang Terlibat Dalam Proyek Konstruksi.....	9
Gambar 2.3 Kerangka Pikir Metode Simpleks .....	34
Gambar 3.1 Bagan Alir Studi .....	44
Gambar 4.1 Gambar Denah Lantai 1 .....	46
Gambar 4.2 Gambar Layout Toilet Lantai 1 .....	49
Gambar 4.3 Gambar Potongan 1 .....	52
Gambar 4.4 Gambar Potongan 2 .....	52
Gambar 4.5 Gambar Potongan C .....	53
Gambar 4.6 Gambar Potongan B .....	53
Gambar 4.7 Gambar Tampak Depan .....	54
Gambar 4.8 Gambar Tampak Belakang .....	54
Gambar 4.9 Gambar Tampak Samping Kiri .....	55
Gambar 4.10 Gambar Tampak Samping Kanan .....	55
Gambar 4.11 Gambar Detail Kanopi Tipe 1 .....	59
Gambar 4.12 Gambar Detail Kanopi Tipe 2 .....	61
Gambar 4.13 Gambar Detail Kanopi Tipe 3 .....	62
Gambar 4.14 Gambar Denah Plafond Lantai 1 .....	65
Gambar 4.15 Gambar Tangga Utama Lantai 1 .....	68
Gambar 4.16 Gambar Darurat Lantai 1 .....	71
Gambar 4.17 Gambar Denah Balok Lantai 2.....	73
Gambar 4.18 Gambar Tulangan Balok B1 .....	75
Gambar 4.19 Gambar Detail Panjang Besi Tulangan Bengkokan Segmen A .....	76
Gambar 4.20 Gambar Panjang Besi Tulangan Lurus Segmen A.....	76
Gambar 4. 21 Gambar Detail Panjang Besi Tulangan Bengkokan Segmen B .....	78

Gambar 4.22 Gambar Panjang Besi Tulangan Lurus Segmen B .....	78
Gambar 4. 23 Gambar Detail Panjang Besi Tulangan Bengkokan Segmen C .....	79
Gambar 4.24 Gambar Panjang Besi Tulangan Lurus Segmen C .....	80
Gambar 4.25 Gambar Panjang Tulangan Senggang Balok B1 .....	81
Gambar 4.26 Gambar Detail Jarak Antar Tulangan Senggang Segmen A .....	81
Gambar 4.27 Gambar Detail Jarak Antar Tulangan Senggang Segmen B .....	82
Gambar 4.28 Gambar Detail Jarak Antar Tulangan Senggang Segmen C .....	84
Gambar 4.29 Gambar Tulangan Balok B2 .....	87
Gambar 4.30 Gambar Detail Panjang Besi Tulangan Bengkokan Segmen D .....	87
Gambar 4.31 Gambar Panjang Besi Tulangan Lurus Segmen D .....	88
Gambar 4. 32 Gambar Detail Panjang Besi Tulangan Bengkokan Segmen E .....	89
Gambar 4.33 Gambar Panjang Besi Tulangan Lurus Segmen E .....	90
Gambar 4. 34 Gambar Detail Panjang Besi Tulangan Bengkokan Segmen F .....	91
Gambar 4.35 Gambar Panjang Besi Tulangan Lurus Segmen F .....	91
Gambar 4.36 Gambar Panjang Tulangan Senggang Balok B2 .....	92
Gambar 4.37 Gambar Detail Jarak Antar Tulangan Senggang Segmen D .....	93
Gambar 4.38 Gambar Detail Jarak Antar Tulangan Senggang Segmen E.....	94
Gambar 4.39 Gambar Detail Jarak Antar Tulangan Senggang Segmen F.....	95
Gambar 4.40 Gambar Denah Kolom Lantai 2 .....	97
Gambar 4.41 Gambar Detail Tulangan Kolom K1 .....	98
Gambar 4.42 Gambar Panjang Besi Kolom K1 .....	98
Gambar 4.43 Gambar Panjang Tulangan Senggang K1 .....	99
Gambar 4.44 Gambar Detail Tulangan Kolom K2 .....	101
Gambar 4.45 Gambar Panjang Besi Kolom K2 .....	101
Gambar 4.46 Gambar Panjang Tulangan Senggang K2 .....	102
Gambar 4.47 Gambar Detail Tulangan Kolom K3 .....	104
Gambar 4.48 Gambar Panjang Besi Kolom K3 .....	104



Gambar 4.49 Gambar Panjang Tulangan Senggang Kolom K3 .....	105
Gambar 4.50 Gambar Denah Plat Lantai 2 .....	107
Gambar 4.51 Gambar Schedule Perencanaan Proyek.....	114

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Koefisien Tenaga Kerja Pekerjaan Balok Beton Bertulang .....	15
Tabel 2. 2 Data Untuk Model Linier Programming .....	24
Tabel 2. 3 Simpleks Dalam Bentuk Simbol .....	32
Tabel 4.1 Volume Pekerjaan Pembesian.....	118
Tabel 4.2 Volume Pekerjaan Pembetonan .....	121
Tabel 4.3 Volume Pekerjaan Pasangan Dinding.....	123
Tabel 4.4 Volume Pekerjaan Plafond .....	125
Tabel 4.5 Daftar Harga Satuan Upah dan Bahan Kota Ambon Tahun 2015 .....	128
Tabel 4.6 Volume Pekerjaan Proyek.....	132
Tabel 4.7 Tabel Jumlah Tenaga Kerja .....	153
Tabel 4.8 Tampilan Input Data Persamaan Fungsi Tujuan dan Fungsi Batasan pada Program LiPS .....	158
Tabel 4.9 Hasil Analisa.....	159
Tabel 4.10 Perbandingan biaya upah dan jumlah tenaga kerja awal dengan jumlah tenaga biaya upah dan jumlah tenaga kerja hasil optimasi.....	165

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Banyaknya pelaksanaan pekerjaan konstruksi bangunan di Indonesia, menandakan perkembangan konstruksi sangat pesat. Hal ini terlihat dengan berdirinya gedung-gedung baru setiap tahunnya. Dalam jangka waktu yang sangat singkat, sebuah kawasan kosong dapat berubah menjadi sebuah kawasan perkantoran atau perbelanjaan tergantung tujuan pembangunan gedung itu sendiri.

Dalam proses pekerjaan konstruksi berbagai kendala maupun permasalahan dapat muncul secara tidak terduga. Salah satunya, berkaitan dengan sumber daya manusia yaitu tenaga kerja yang digunakan. Tanpa adanya sumber daya manusia yang terlibat didalamnya pekerjaan konstruksi tidak dapat terselenggarakan.

Membicarakan masalah sumber daya manusia, hal ini berkaitan erat dengan masalah kualitas dan kuantitas. Pengertian kualitas yaitu menyangkut mutu sumber daya manusia yang menyangkut kemampuan fisik maupun non fisik (kecerdasan dan mental). Sedangkan kaitannya dengan kuantitas yang seringkali dijumpai dalam kegiatan proyek konstruksi yaitu jumlah tenaga kerja yang digunakan. Seperti yang kita ketahui, kegiatan konstruksi melibatkan banyak kegiatan, sudah tentu memerlukan jumlah tenaga kerja. Masalah jumlah tenaga kerja yang terbatas bisa terjadi karena waktu pelaksanaan yang dilakukan secara bersamaan. Misalnya, dalam rentang

waktu tertentu secara bersamaan terdapat dua atau lebih pekerjaan yang membutuhkan tenaga tukang dengan keahlian yang sama. Pihak kontraktor dapat menambah jumlah tenaga kerja akan tetapi yang terjadi adalah adanya penambahan biaya terhadap upah pekerja. Hal ini, tentu tidak diinginkan oleh pemilik proyek, sehingga perlu adanya perencanaan yang matang dalam pemakaian jumlah pekerja sesuai keperluan kegiatan konstruksi. Di sinilah, jasa kontraktor dibutuhkan untuk melakukan pengendalian berkaitan biaya proyek dan perencanaan jumlah tenaga kerja yang digunakan, agar semua kegiatan dapat berjalan sesuai rencana.

Oleh karena itu, penyusun mengambil contoh studi kasus permasalahan tenaga kerja yang ada di kota Ambon pada Pembangunan Ruang Arsip dan Ruang Serbaguna Balai Sarana dan Pra Sarana Unit Hidrologi Tahap II yang berjudul "*Optimasi Jumlah Tenaga Kerja Konstruksi Oleh Kontraktor dengan Metode Simpleks*" yang bertujuan memudahkan kontraktor untuk melakukan optimasi mengenai jumlah tenaga kerja dalam suatu proyek.

Metode simpleks merupakan salah satu model umum dalam teknik pemrograman linier yang dapat digunakan untuk pemecahan masalah pengalokasian sumber-sumber daya yang terbatas secara optimal untuk mencapai hasil yang optimal, yaitu suatu hasil yang mencerminkan sasaran tertentu yang paling baik (menurut model matematis) diantara alternatif-alternatif lainnya. Dengan metode ini, diharapkan dapat mengatasi permasalahan sumber daya yang terbatas yaitu, dalam hal ini jumlah tenaga kerja yang digunakan dalam kegiatan konstruksi.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah diatas dapat dirumuskan permasalahan yang akan dibahas antara lain :

1. Berapa jumlah alokasi masing-masing tenaga kerja pada pekerjaan pembangunan gedung dengan metode simpleks ?
2. Berapa biaya optimum untuk upah tenaga kerja dari hasil optimasi tenaga kerja konstruksi dengan metode simpleks ?

## **1.3 Tujuan Studi**

1. Untuk mengetahui pengalokasian tenaga kerja pada pelaksanaan kegiatan pembangunan gedung “Ruang Arsip dan Ruang Serbaguna Balai Sarana dan Pra Sarana Unit Hidrologi Tahap II” dengan metode simpleks.
2. Untuk mengetahui besar biaya setelah optimasi pekerja konstruksi oleh kontraktor dengan metode simpleks.

## **1.4 Manfaat Studi**

1. Untuk mengetahui bentuk kelompok kerja yang efisien oleh kontraktor dalam suatu pekerjaan konstruksi.
2. Menjelaskan faktor-faktor dominan yang menjadi pertimbangan kontraktor untuk meningkatkan optimasi kerja.
3. Untuk mempermudah kontraktor dalam mengatasi masalah pengalokasian berkaitan jumlah tenaga kerja yang terbatas dalam pekerjaan konstruksi.

## 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang dibahas dalam studi ini, adalah :

1. Proses pekerjaan yang ditinjau yaitu pekerjaan yang ada dalam schedule pekerjaan kecuali pekerjaan kusen .
2. Durasi pelaksanaan proyek disesuaikan pada data proyek.
3. Indeks harga satuan yang digunakan dalam perhitungan yaitu harga satuan pekerjaan beton untuk kontruksi bangunan gedung dan perumahan (SNI 7394 -2008), harga satuan pekerjaan dinding untuk kontruksi bangunan gedung dan perumahan (SNI 6897– 2008) dan harga satuan pekerjaan penutup langit-langit (SNI 2839-2008).
4. Analisa optimasi tenaga kerja menggunakan software metode simplek, yaitu LiPS (*Linear Programming Solver*).

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Untuk menyelenggarakan proyek, salah satu sumber daya yang menjadi faktor penentu keberhasilannya adalah tenaga kerja. Hal ini, disebabkan karena dalam proses konstruksi diperlukan tenaga kerja yang melakukan kegiatan konstruksi. Tanpa adanya tenaga kerja proses konstruksi tidak dapat berlangsung. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan tenaga kerja yang benar-benar matang. Perencanaan tenaga kerja harus menyeluruh dan terperinci meliputi perkiraan jenis dan kapan keperluan tenaga kerja.

Kegiatan proyek merupakan kegiatan yang bersifat sementara yang dilakukan dalam jangka waktu terbatas dengan menggunakan sumber daya tertentu yang tujuannya mencapai hasil akhir yang jelas. Dari pengertian tersebut dapat dijelaskan bahwa kegiatan proyek memiliki tujuan khusus yang jelas dan bersifat sementara dalam artian memiliki batas waktu selesai kegiatan setelah tujuan tercapai. Sehingga dapat didefinisikan bahwa proyek konstruksi adalah sebuah kegiatan yang berkaitan dengan upaya pembangunan suatu bangunan infrastruktur yang umumnya mencakup pekerjaan pokok yang termasuk dalam bidang teknik sipil, dan teknik arsitektur dengan batasan waktu kerja yang telah ditentukan.

Kegiatan proyek konstruksi tidak hanya berlangsung saat proses pelaksanaan pembangunan fisik saja, akan tetapi proyek konstruksi dimulai

sejak timbulnya prakarsa dari pemilik untuk membangun, yang dalam proses selanjutnya akan melibatkan berbagai unsur seperti: konsultan dan kontraktor. Pada pembangunan gedung “*Ruang Arsip dan Ruang Serbaguna Balai Sarana dan Pra Sarana Unit Hidrologi Tahap II*”, proyek diprakarsai oleh *Balai Wilayah Sungai Maluku*, yang selanjutnya perencanaannya dipercayakan kepada *PT. Metrik System Indonesia* dan *P.T Tri Guna Abadi* selaku kontraktor pelaksanaanya.

Selain tenaga kerja biaya, mutu dan jadwal juga menjadi faktor-faktor yang mempengaruhi penyelenggaraan proyek. Untuk mengatur rencana jumlah tenaga kerja diperlukan sebuah sistem atau konsep yang mengatur dan mengendalikan proses konstruksi tersebut. Dalam dunia konstruksi sistem yang biasa dipakai untuk mengatur kegiatan proyek konstruksi adalah sistem manajemen proyek.

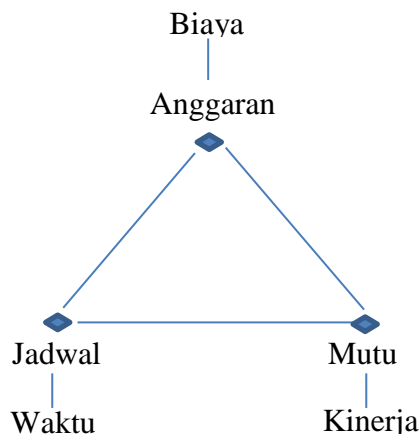
## **2.2 Manajemen Proyek Konstruksi**

Menurut Ervianto (2003:19) “Manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) sampai selesainya proyek untuk menjamin bahwa proyek dilaksanakan tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu”. Manajemen Proyek merupakan tata cara atau sistem pengelolaan pekerjaan konstruksi dalam mengelola sumber daya dan dana suatu proyek untuk mencapai tujuan dengan menggunakan metode-metode dan sistematika tertentu. Manajemen suatu proyek pembangunan mempunyai tujuan menyelesaikan proyek sesuai



batas waktu dan biaya yang direncanakan dengan kualitas bangunan yang optimal.

Dalam manajemen proyek terdapat batasan yang harus dipenuhi yaitu, besar biaya (anggaran) yang dialokasikan, jadwal dan mutu. Ketiga batasan disebut dikenal sebagai tiga kendala (*triple constraint*). Hubungan ketiga kendala dapat dilihat pada gambar 2.1



**Gambar 2.1** Parameter proyek yang dikenal tiga kendala  
**Sumber :** Soeharto, 1995:2

Dari gambar 2.1 dapat dijelaskan hubungan ketiga kendala yang dijadikan sebagai parameter penting dalam penyelenggaraan proyek:

1. Anggaran , proyek harus diselesaikan dengan biaya yang tidak melebihi anggaran. Pada proyek konstruksi anggaran proyek diatur sedemikian rupa dan detail dalam rencana anggaran biaya (RAB).
2. Jadwal, proyek harus dikerjakan sesuai dengan kurun waktu dan tanggal akhir yang ditentukan dan tidak boleh melebihi batas waktu. Sehingga semua kegiatan proyek konstruksi harus dibuat schedule yang jelas.

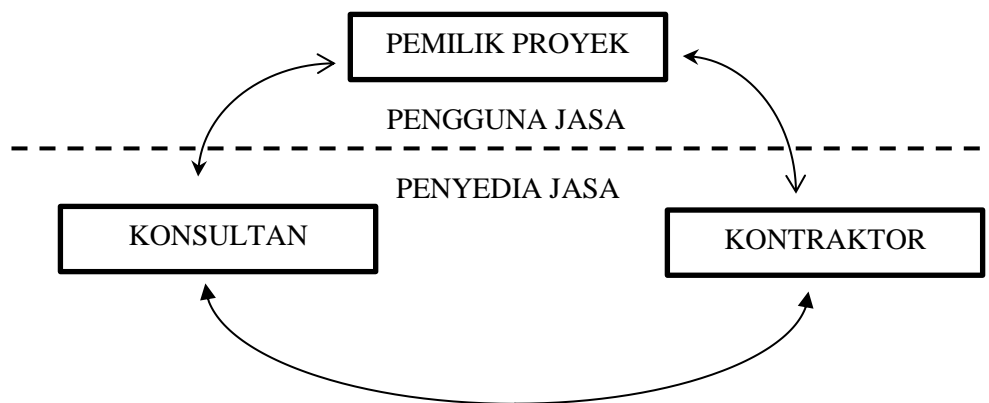
3. Mutu, produk atau hasil kegiatan proyek harus memenuhi spesifikasi dan kriteria yang dipersyaratkan. Dalam hal ini, hasil kegiatan proyek konstruksi harus sesuai mutu yang disyaratkan dalam SNI, ditinjau dari kekuatan struktur maupun hasil berupa bentuk bangunan sesuai dengan keinginan pemilik proyek.

Keberhasilan suatu proyek sangat tergantung dari perilaku atau kegiatan satuan-satuan pendukung pelaksana organisasinya yang dikoordinasikan dalam suatu sistem manajemen. Untuk itu dituntut agar individu-individu atau satuan-satuan dalam organisasi pengelola dapat bekerja sama secara terorganisir untuk mewujudkan sesuai dengan keinginannya, jadwal kegiatan, anggaran keuangan, *monitoring* dan laporan kemajuan serta segera mengambil langkah-langkah perbaikan bila mana dibutuhkan. Sistem manajemen proyek memberikan tata cara kepada individu-individu dengan berlainan tugasnya, agar mampu bekerja sama untuk mencapai harapan tertentu proyek.

### **2.3 Pihak – Pihak Yang Terlibat Dalam Proyek Konstruksi**

Dalam kegiatan konstruksi proyek terdapat suatu proses yang mengolah sumber daya proyek menjadi suatu hasil kegiatan berupa bangunan. Proses yang terjadi dalam kegiatan tersebut tentunya melibatkan pihak-pihak yang terkait, baik secara langsung maupun tidak langsung. Pihak-pihak yang terlibat dari fase perencanaan sampai dengan pelaksanaan dikelompokkan menjadi tiga pihak, yaitu: pihak pemilik proyek/*owner*, pihak perencana

(konsultan) dan pihak kontraktor. Hubungan ketiga pihak tersebut dapat digambarkan pada gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Pihak yang terlibat dalam proyek konstruksi  
**Sumber :** Ervianto, 2003:38

Pihak-pihak tersebut mempunyai tugas dan tanggung jawab yang berbeda-beda, yaitu :

#### 1. **Pemilik proyek**

Pemilik proyek atau pemberi tugas atau pengguna jasa adalah orang/ badan yang memiliki proyek atau memberikan pekerjaan kepada pihak penyedia jasa dan yang membayar biaya pekerjaan tersebut.

Menurut Ervianto (2003:38) tugas dan tanggung jawab pemilik proyek, yaitu:

- a. Menunjuk penyedia jasa (konsultan dan kontraktor).
- b. Meminta laporan secara priodik mengenai pelaksanaan pekerjaan yang telah dilakukan oleh penyedia jasa.
- c. Memberikan fasilitas baik berupa sarana dan prasarana yang dibutuhkan oleh pihak penyedia jasa untuk kelancaran pekerjaan.

- d. Menyediakan lahan untuk tempat pelaksanaan pekerjaan.
- e. Menyediakan dana dan kemudian membayar kepada pihak penyedia jasa sejumlah biaya yang diperlukan untuk mewujudkan sebuah bangunan.
- f. Ikut mengawasi jalannya pelaksanaan pekerjaan yang direncanakan dengan cara menempatkan atau menunjuk suatu badan atau orang bertindak atas nama pemilik.
- g. Mengesahkan perubahan dalam pekerjaan (bila terjadi).
- h. Menerima dan mengesahkan pekerjaan yang telah selesai dilaksanakan oleh penyedia jasa jika produknya telah sesuai dengan apa yang dikehendaki.

## **2. Konsultan**

Pihak/badan yang disebut sebagai konsultan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu : konsultan perencana dan konsultan pengawas.

### ***Konsultan Perencana***

Konsultan perencana adalah orang/badan yang membuat perencanaan bangunan secara lengkap baik bidang arsitektur, sipil, maupun bidang lain yang melekat erat dan membentuk sebuah sistem bangunan. Konsultan perencana dapat berupa perseorangan /berbadan hukum yang bergerak dalam bidang perencanaan pekerjaan bangunan.

Tugas dan tanggung jawab konsultan perencana menurut Ervianto (2003: 39) , yaitu:

- a) Membuat perencanaan secara lengkap yang terdiri dari gambar rencana kerja, dan syarat-syarat, hitungan struktur, rencana anggaran biaya.
- a) Memberikan usulan serta pertimbangan kepada pengguna jasa dan pihak kontraktor tentang pelaksanaan pekerjaan.
- b) Memberikan jawaban dan penjelasan kepada kontraktor tentang hal-hal yang kurang jelas dalam gambar rencana, rencana kerja dan syarat-syarat.
- c) Membuat gambar revisi bila terjadi perubahan perencanaan.
- d) Menghadiri rapat koordinasi pengelolaan proyek.

### ***Konsultan Pengawas***

Konsultan pengawas adalah orang/badan yang ditunjuk pengguna jasa untuk membantu dalam pengelolaan pelaksanaan pekerjaan pembangunan mulai dari awal hingga berakhirnya pekerjaan pembangunan.

Tugas dan tanggung jawab konsultan pengawas menurut Ervianto (2003: 40) , yaitu :

- a. Menyelesaikan pelaksanaan pekerjaan dalam waktu yang telah ditetapkan.
- b. Membimbing dan mengadakan pengawasan secara periodik dalam pelaksanaan pekerjaan.

- c. Melakukan perhitungan prestasi pekerjaan.
- d. Mengkoordinasikan dan mengendalikan kegiatan konstruksi serta aliran informasi antara berbagai bidang agar pelaksanaan pekerjaan berjalan lancar.
- e. Menghindari kesalahan yang mungkin terjadi sedini mungkin serta menghindari pembengkakan biaya.
- f. Mengatasi dan memecahkan persoalan yang timbul di lapangan agar dicapai hasil akhir sesuai dengan yang diarpakan dengan kualitas, kuantitas serta waktu pelaksanaan yang telah ditetapkan.
- g. Menerima atau menolak material/peralatan yang didatangkan kontraktor.
- h. Menghentikan sementara bila terjadi penyimpangan dari peraturan yang berlaku.
- i. Menyusun laporan kemajuan pekerjaan (harian, mingguan, bulanan).
- j. Menyiapkan dan menghitung adanya kemungkinan tambah atau berkurangnya pekerjaan.

### **3. Kontraktor**

Kontraktor Pelaksana adalah orang/badan yang menerima pekerjaan dan menyelenggarakan pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan biaya yang telah ditetapkan berdasarkan gambar rencana dan peraturan dan syarat-syarat yang ditetapkan. Kontraktor dapat berupa perusahaan

perseorangan yang berbadan hukum yang bergerak dalam bidang pelaksanaan pekerjaan.

Tugas dan tanggung jawab kontraktor menurut Ervianto (2003 : 40), yaitu :

- a. Melaksanakan pekerjaan sesuai dengan gambar rencana, peraturan, dan syarat-syarat, penjelasan pekerjaan dan syarat-syarat tambahan yang telah ditetapkan oleh pengguna jasa.
- b. Membuat gambar-gambar pelaksanaan yang disahkan oleh konsultan pengawas sebagai wakil dari pengguna jasa.
- c. Menyediakan alat keselamatan kerja seperti yang diwajibkan dalam peraturan untuk menjaga keselamatan pekerjaan pekerja dan masyarakat.
- d. Membuat laporan hasil pekerjaan berupa laporan harian, mingguan dan bulanan.
- e. Menyerahkan seluruh atau sebagian pekerjaan yang telah diselesaikannya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

#### **4. Kelompok Kerja Konstruksi**

Kelompok kerja yang dimaksud adalah sebuah kelompok kecil yang terdiri dari mandor, kepala tukang, tukang dan pembantu tukang/pekerja. Definisi mandor dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (2008:1554), diartikan sebagai orang yang mengepalai beberapa orang atau kelompok dan bertugas mengawasi pekerjaan mereka. Mandor berperan mengatur pekerjaan tertentu sehingga ia dapat mendatangkan

sejumlah tenaga kerja sesuai dengan kualifikasi yang diperlukan, seperti tukang kayu, tukang besi, tukang batu dan lain-lain. Kepala tukang merupakan tenaga terampil yang mempunyai dasar pengetahuan teknik sampai tingkat tertentu sehingga perannya dapat mengepalai para tukang. Tukang adalah orang yang mempunyai keahlian dan keterampilan tertentu dalam pekerjaan. Sedangkan pekerja yaitu orang yang tidak mempunyai keahlian sama sekali dan hanya mengandalkan kemampuan fisik.

Setiap bagian dari kelompok kerja ini mempunyai fungsi dan tugas masing-masing, meskipun demikian seperti kerja sebuah organisasi, kerja sama yang baik harus tetap dibina agar pekerjaan dapat berjalan dengan lancar. Jumlah kegiatan-kegiatan atas komposisi atas jumlah tukang, pembantu tukang dan mandor diatur sedemikian rupa agar kelompok kerja tersebut dapat berjalan efektif.

## **2.4 Koefisien Tenaga Kerja**

SNI Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) tahun 2012, menjelaskan koefisien tenaga kerja atau kuantitas jam kerja sebagai faktor yang menunjukkan kebutuhan waktu atau lamanya pelaksanaan dari tenaga kerja yang diperlukan untuk menyelesaikan satu satuan volume pekerjaan. Jumlah tenaga kerja berkaitan erat dengan lama waktu selesai pekerjaan, semakin banyak tenaga kerja, semakin sedikit waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan. Sebagai contoh, dapat dilihat pada penjelasan tabel 2.1 di bawah ini .



**Tabel 2.1** Koefisien tenaga kerja pekerjaan balok beton bertulang

Membuat 1 m<sup>3</sup> balok beton bertulang (200 kg besi + bekisting)

	Kebutuhan	Satuan	Indeks
Bahan	Kayu kelas III	m <sup>3</sup>	0,320
	Paku 5 cm – 12 cm	kg	3,200
	Minyak bekisting	Liter	1,600
	Besi beton polos	kg	210,000
	Kawat beton	kg	3,000
	PC	kg	336,000
	PB	m <sup>3</sup>	0,540
	KR	m <sup>3</sup>	0,810
	Kayu kelas II balok	m <sup>3</sup>	0,140
	Plywood 9 mm	Lembar	2,800
	Dolken kayu galam, φ (8-10) cm, panjang 4 m	Batang	16,000
Tenaga kerja	Pekerja	OH	6,350
	Tukang batu	OH	0,275
	Tukang kayu	OH	1,650
	Tukang besi	OH	1,400
	Kepala tukang	OH	0,333
	Mandor	OH	0,318

Sumber : SNI 7394, 2008:11

Tabel 2.1 menunjukkan bahwa untuk membuat 1 m<sup>3</sup> balok beton bertulang, koefisien tenaga kerja yang dipakai yaitu:

Pekerja : 6,350 OH                                      Tukang besi : 1,400 OH  
 Tukang batu : 0,275 OH                                      Kepala Tukang : 0,333 OH  
 Tukang kayu : 1,650 OH                                      Mandor : 0,318 OH

Artinya untuk membuat 1 m<sup>3</sup> balok bertulang dibutuhkan jumlah tenaga kerja sebesar koefisien tersebut. Jika yang dikerjakan mempunyai volume sebesar 10 m<sup>3</sup>, berarti untuk mendapatkan jumlah tenaga kerja yang diperlukan dalam satu hari untuk menyelesaikan volume tersebut adalah jumlah volume dikalikan dengan koefisien diatas. Sehingga didapat jumlah tenaga sebagai berikut :

Pekerja : 6,350 OH x 10 m<sup>3</sup> = 63,5 ≈ 64 orang/ (10 m<sup>3</sup>/hari)  
 Tukang batu : 0,275 OH x 10 m<sup>3</sup> = 2,75 ≈ 3 orang/(10 m<sup>3</sup>/hari)

Tukang kayu :  $1,650 \text{ OH} \times 10 \text{ m}^3 = 16,5 \approx 17 \text{ orang/ (10 m}^3\text{/hari)}$

Tukang besi :  $1,400 \text{ OH} \times 10 \text{ m}^3 = 14 \text{ orang/ (10 m}^3\text{/hari)}$

Kepala Tukang :  $0,333 \text{ OH} \times 10 \text{ m}^3 = 3,33 \approx 4 \text{ orang/(10 m}^3\text{/hari)}$

Mandor :  $0,318 \text{ OH} \times 10 \text{ m}^3 = 3,18 \approx 4 \text{ orang/(10 m}^3\text{/hari)}$

Jumlah tersebut merupakan jumlah total masing-masing tenaga kerja yang diperlukan untuk menyelesaikan volume  $10 \text{ m}^3$  dalam 1 hari. Dilihat dari total jumlah tenaga kerja tersebut, tentu tidak mungkin untuk dihadirkan dalam kegiatan proyek karena akan terjadi kekacauan dalam penyelesaian kegiatan serta memakan banyak anggaran. Untuk itu diperlukan perencanaan berkaitan jumlah hari. Dengan menambah jumlah hari maka jumlah tenaga yang diperlukan juga dapat berkurang. Misalkan direncanakan pekerjaan tersebut selesai dalam waktu 6 hari maka jumlah tenaga kerja akan berkurang menjadi: pekerja = 11 orang perhari , tukang batu = 1 orang perhari, tukang kayu = 3 orang perhari, tukang besi = 3 orang perhari, kepala tukang = 1 orang perhari dan mandor = 1 orang perhari. Hasil itu didapatkan dengan rumus yaitu jumlah tenaga kerja dibagi dengan jumlah hari yang direncanakan.

## **2.5 Produktivitas Kelompok Kerja**

Salah satu aspek penting dalam pemanfaatan sumber-sumber yang relatif terbatas adalah mempergunakan sumber-sumber tersebut seefisien mungkin. Penggunaan sumber seefisien mungkin akan cenderung kearah peningkatan produktivitas. Mengingat bahwa pada umumnya proyek berlangsung dengan kondisi yang berbeda-beda, maka dalam merencanakan

tenaga kerja hendaknya dilengkapi dengan analisis produktivitas dan indikasi variabel yang mempengaruhinya (Soeharto, 2003:162).

Produktivitas menurut Umar (1999:9) mengandung arti sebagai perbandingan antara hasil yang dicapai (*output*) dengan keseluruhan sumber daya yang digunakan (*input*). Dalam buku *Riset Sumber Daya Manusia dalam Organisasi*, diketahui rumus produktivitas sebagai berikut:

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Efektivitas menghasilkan Output}}{\text{Efisiensi menggunakan Input}}$$

Ukuran produktivitas dalam proyek konstruksi dikaitkan sebagai ukuran keefektifan pekerja dalam menyelesaikan pekerjaan. Dengan menyatakan efektivitas menghasilkan output berupa volume pekerjaan dan efisiensi menggunakan *input* yaitu jumlah tenaga kerja dan waktu yang dibutuhkan. Sehingga didapat rumus produktivitas :

$$\text{Produktivitas per hari} = \frac{\text{Volume pekerjaan (m}^3\text{)}}{\text{jumlah tenaga kerja (Orang Hari)}}$$

Dimana :

Volume pekerjaan : hasil kegiatan/pekerjaan yang ingin capai (m<sup>3</sup>)

Jumlah tenaga kerja : jumlah kebutuhan tenaga 1 hari (orang hari)

Jumlah tenaga kerja = volume x koefisien tenaga kerja (Analisa SNI)

Sehubungan dengan indikasi variabel yang mempengaruhi produktivitas tenaga kerja, menurut Soeharto (1995:163) variabel-variabel

yang mempengaruhi produktivitas tenaga kerja lapangan dapat dikelompokkan menjadi:

1. Kondisi fisik lapangan dan sarana bantu
2. Supervisi, perencanaan dan koordinasi
3. Komposisi lapangan kerja
4. Kerja lembur
5. Ukuran besar proyek
6. Pekerja langsung versus kontraktor ; dan kepadatan tenaga kerja

## **2.6 Rencana Anggaran Biaya**

Biaya merupakan faktor penting yang menjadi bahan pertimbangan utama dalam suatu penyelenggaraan konstruksi, karena biaya berkaitan dengan jumlah investasi yang ditanamkan oleh pemilik atau pemberi tugas untuk mendirikan suatu bangunan rentan akan resiko kegagalan. Dikatakan rentan akan resiko kegagalan, sebab pembiayaan suatu konstruksi tidak terlepas dari pengaruh ekonomi seperti kenaikan harga material, peralatan dan upah tenaga kerja dapat berdampak terjadinya pembengkakan biaya konstruksi. Terjadinya pembengkakan biaya dapat menyebabkan pemilik mengalami kerugian sehingga kemungkinan besar kegiatan konstruksi tidak dapat berjalan atau berhenti ditengah jalan. Oleh karena itu diperlukan kegiatan estimasi biaya yang dapat mencegah terjadinya hal tersebut.

Menurut Ervianto (2003:131) “Kegiatan estimasi merupakan dasar untuk membuat sistem pembiayaan dan jadwal pelaksanaan konstruksi, untuk meramalkan kejadian pada proses pelaksanaan serta memberi nilai

pada masing-masing kejadian tersebut”. Kegiatan estimasi dalam proyek konstruksi dilakukan dengan tujuan tertentu, tergantung pada siapa yang membuatnya. Pihak *owner* atau pemilik membuat estimasi dengan tujuan untuk mendapatkan informasi tentang biaya yang harus disediakan untuk merealisasikan proyek yang biasa disebut OE (*Owner Estimate*). Sedangkan pihak kontraktor membuat estimasi dengan tujuan untuk kegiatan penawaran terhadap proyek konstruksi.

Kontraktor akan memenangkan lelang jika penawaran yang diajukan mendekati OE (*Owner Estimate*). Dalam menentukan harga penawaran, kontraktor harus memasukkan aspek-aspek lain yang sekiranya berpengaruh terhadap biaya proyek nantinya.

Tahap-tahap yang harus dilakukan untuk menyusun anggaran biaya menurut Ervianto (2003:134), yaitu:

- a. Melakukan penumpulan data tentang jenis, harga serta kemampuan pasar menyediakan bahan/material konstruksi secara kontinu.
- b. Melakukan pengumpulan data tentang upah pekerja yang berlaku di daerah lokasi proyek dan atau upah pada umumnya jika pekerja didatangkan dari luar daerah lokasi proyek.
- c. Melakukan perhitungan analisis yang diyakini baik oleh si pembuat anggaran.
- d. Melakukan perhitungan harga satuan pekerjaan dengan memanfaatkan hasil analisa satuan pekerjaan dan daftar kuantitas pekerjaan.
- e. Membuat rekapitulasi.

## **2.7 Hubungan Antara Biaya dengan penambahan Jumlah Tenaga Kerja**

Menurut Soeharto (1995:115) “Tenaga kerja merupakan sumber daya yang seringkali tidak mudah didapat, mahal dan menimbulkan banyak persoalan. Untuk itu diperlukan perencanaan yang masak mulai dari memperkirakan jumlah total tenaga kerja, jenis dan jumlah masing-masing disiplin dan keahlian”. Ervianto (2004:58) juga menjelaskan bahwa penambahan tenaga kerja menjadi dua kali, maka biaya yang diperlukan akan menjadi dua kalinya. Hal ini dikarenakan oleh kenyataan bahwa tenaga kerja bekerja secara produktif pada awal dari suatu kegiatan dan berangsur-angsur akan menurun. Sehingga biaya yang dikeluarkan tiap unit pekerjaan akan menjadi lebih besar.

“Kebutuhan sumber daya pada tiap-tiap proyek tidak selalu sama, bergantung pada skala, lokasi serta keunikan masing-masing proyek. Namun demikian, perencanaan sumber daya dapat dihitung dengan pendekatan matematis yang memberikan hasil optimal dibandingkan hanya dengan perkiraan pengalaman, yang tingkat efektivitas dan efisiensinya rendah”.(Husein, 2011:36)

Melakukan optimasi jumlah tenaga kerja artinya mencoba melakukan penghematan biaya berkaitan biaya upah pekerja. Dengan melakukan upaya optimasi jumlah tenaga kerja diharapkan jumlah tenaga kerja yang tersedia pada proyek dapat memenuhi harapan kontraktor dalam menyelesaikan kegiatan konstruksi tepat waktu tanpa adanya penambahan jumlah. Sehingga tidak terjadi penambahan biaya yang menyebabkan pemborosan

biaya proyek. Upaya ini, dapat dilakukan dengan melakukan pengalokasian sejumlah tenaga kerja tertentu secara tepat dalam pelaksanaan kegiatan konstruksi yang melibatkan kegiatan yang berlangsung bersamaan dan kualifikasi keahlian yang sama.

## **2.8 Penjadwalan/ *Time schedule***

*Time schedule* merupakan uraian pekerjaan dari awal sampai akhir pekerjaan secara umum. *Time schedule* ini disusun berdasarkan urutan langkah-langkah kerja network planning. Masing-masing pekerjaan diatur sedemikian rupa dengan memperhatikan urutan kerja, pengaturan waktu, tenaga, peralatan dan material agar dicapai efektifitas kerja yang baik. Dari time schedule ini tiap pekerjaan diberi bobot masing-masing pekerjaan, sehingga diperoleh kurva S.

## 2.9 Program Linear

### 2.9.1 Pengertian Program Linear

Menurut Aminudin, (2005:11) Program linier merupakan model matematik untuk mendapatkan alternatif penggunaan terbaik atas sumber-sumber organisasi. Kata sifat *linier* digunakan untuk menunjukkan fungsi-fungsi matematik yang digunakan dalam bentuk linier dalam arti hubungan langsung dan persis proporsional. Sedangkan *Program* menyatakan penggunaan teknik matematik tertentu. Jadi program linier dapat diartikan sebagai suatu teknik perencanaan yang bersifat analitis yang analisisnya menggunakan model matematis, dengan tujuan menemukan beberapa kombinasi alternatif pemecahan optimum.

*Linear Programming* merupakan suatu model umum yang digunakan dalam pemecahan masalah yang dapat digunakan dalam pemecahan masalah pengalokasian sumber-sumber yang terbatas secara optimal. Masalah tersebut timbul apabila seseorang diharuskan untuk memilih atau menentukan tingkat setiap kegiatan yang akan dilakukannya, di mana masing-masing kegiatan membutuhkan sumber yang sama dan jumlahnya terbatas (Subagyo dkk, 1984:9).

Permasalahan yang ada dalam studi ini, jika dikaitkan dengan pemecahan masalah program linear terdapat persamaan yaitu sumberdaya yang terbatas. Sumberdaya terbatas yang ada dalam proyek berupa jumlah tenaga kerja dan biaya proyek, menunjukkan bahwa pemecahan masalah program linear dapat digunakan.



### 2.9.2 Model Program Linear

Model matematis perumusan masalah pengalokasian sumberdaya untuk kegiatan disebut sebagai model *linear programming* (LP). Model LP ini merupakan bentuk dan susunan dari dalam menyajikan masalah-masalah yang akan dipecahkan dengan teknik LP. Dalam model LP dikenal 2 (dua) macam “fungsi”, yaitu fungsi tujuan (*objective function*) dan fungsi-fungsi batasan (*constraint function*). Fungsi tujuan adalah fungsi yang menggambarkan tujuan/sasaran kita di dalam permasalahan LP yang berkaitan dengan pengaturan secara optimal sumberdaya, (untuk memperoleh keuntungan maksimal atau biaya minimal). Pada umumnya nilai yang akan dioptimalkan dinyatakan sebagai Z. Sedangkan fungsi batasan merupakan bentuk penyajian secara matematis batasan-batasan kapasitas yang tersedia yang akan dialokasikan secara optimal ke berbagai kegiatan (Subagyo dkk, 1984:10).

Agar memudahkan pembahasan model LP ini, digunakan simbol-simbol sebagai berikut:

$m$  = macam batasan-batasan sumber atau fasilitas yang tersedia.

$n$  = macam kegiatan-kegiatan yang menggunakan sumber atau fasilitas tersebut.

$i$  = nomer setiap macam sumber atau fasilitas yang tersedia ( $i = 1, 2, \dots, m$ ).

$j$  = nomer setiap macam kegiatan yang menggunakan sumber atau fasilitas yang tersedia ( $j = 1, 2, \dots, n$ ).

$x_j$  = tingkat kegiatan ke  $j$ . ( $j = 1, 2, \dots, n$ ).

$a_{ij}$  = banyaknya sumber  $I$  yang diperlukan untuk menghasilkan setiap unit keluaran (ouput) kegiatan  $j$  ( $I = 1, 2, \dots, n$ ).

$b_i$  = banyaknya sumber (fasilitas)  $i$  yang tersedia untuk dialokasikan ke stiap unit kegiatan ( $I = 1, 2, \dots, n$ ).

$Z$  = nilai yang dioptimalkan (maksimum atau minimum).

$C_j$  = kenaikan nilai  $Z$  apabila ada pertambahan tingkat kegiatan ( $x_j$ ) dengan satuan (unit); atau merupakan sumbangan setiap satuan keluaran kegiatan  $j$  terhadap nilai  $Z$ .

Keseluruhan simbol-simbol diatas selanjutnya disusun ke dalam bentuk tabel standar LP seperi pada tabel 2.2.

**Tabel 2.2** Data untuk model Linear Programming.

Kegiatan Sumber	Pemakaian Sumber per unit kegiatan (keluaran)				Kapasitas Sumber
	1	2	3	..... n	
1	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$	..... $a_{1n}$	$b_1$
2	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$	..... $a_{2n}$	$b_2$
3	$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$	..... $a_{3n}$	$b_3$
M	$a_{m1}$	$a_{m2}$	$a_{m3}$	..... $a_{mm}$	$b_m$
$\Delta Z$ pertambahan tiap unit	$C_1$	$C_2$	$C_3$	..... $C_n$	
Tingkat kegiatan	$X_1$	$X_2$	$X_3$	..... $X_n$	

**Sumber:** Subagyo dkk, 1984:11

Atas dasar tabel 2.2 di atas kemudian dapat disusun suatu model matematis yang digunakan untuk mengemukakan suatu permasalahan LP yaitu sebagai berikut:

Fungsi tujuan:

$$\text{Maksimumkan } Z = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + \dots + C_nX_n$$

Batasan-batasan:

$$1). a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1$$

$$2). a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 + \dots + a_{2n}X_n \leq b_2$$

$$m). a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + a_{m3}X_3 + \dots + a_{mn}X_n \leq b_m$$

dan

$$X_1 \geq 0, X_2 \geq 0 \dots \dots \dots X_n \geq 0$$

(Sumber: Subagyo dkk, 1984:11)

Fungsi tujuan dalam LP mencerminkan atau menggambarkan tujuan yang ingin dicapai dalam pemecahan suatu masalah. Batasan pertama mempunyai arti bahwa jumlah barang/jasa 1 yang dihasilkan oleh kegiatan 1 dikalikan dengan kebutuhan akan sumber 1/satuan (berarti total alokasi 1 untuk kegiatan 1) ditambah dengan hasil kegiatan 2 dikalikan dengan kebutuhan tiap satuan keluaran 2 terhadap sumber 1 (dan seterusnya sampai dengan kegiatan ke n) tidak akan melebihi jumlah (kapasitas) tersedianya sumber 1 (yang dinyatakan dengan  $b_1$ ). Hal ini berlaku pula untuk batasan-batasan lainnya.

### **2.9.3 Metode-Metode dalam Pemograman Linear**

Pemograman linear telah terbukti merupakan salah satu alat riset operasi yang paling efektif. Keberhasilannya berakar dari keluwesannya dalam menjabarkan berbagai situasi kehidupan nyata di bidang-bidang berikut ini: militer, industri, pertanian, transportasi, ekonomi, kesehatan, dan bahkan ilmu sosial dan perilaku (Taha, 1996:15).

Kegunaan program linear yang begitu luas, tentu mempunyai metode-metode dalam pemecahan masalah. Dengan mengetahui metode-metode yang ada pada program linear kita dapat memutuskan metode yang tepat berkaitan masalah yang dihadapi. Dalam program linear terdapat beberapa metode yang sering dipakai untuk menghasilkan keputusan berkaitan dengan permasalahan keterbatasan sumberdaya yang tersedia, antara lain:

#### **1. Metode Grafik**

Metode grafik merupakan salah satu teknik pemecahan model program linear yang hanya memuat dua variabel keputusan. Untuk model-model dengan tiga variabel atau lebih metode grafik tidak dapat digunakan (Aminudin, 2005:13).

#### **2. Metode Simpleks**

Menurut Aminudin, (2005:26) "Apabila suatu persoalan program linier hanya mengandung dua kegiatan (variabel keputusan) saja, maka persoalan dapat dipecahkan dengan metode grafik. Tetapi bila mengandung tiga atau lebih variabel keputusan maka metode grafik

tidak dapat digunakan lagi, sehingga diperlukan alternatif yaitu metode simpleks”.

### **3. Dualitas dan Analisa Sensivitas**

Masalah dual adalah sebuah masalah LP yang diturunkan secara matematis dari satu model LP primal. Masalah dual dan primal sangat berkaitan erat sedemikian rupa sehingga pemecahan simpleks optimal dari salah satu masalah akan secara otomatis menghasilkan pemecahan optimum untuk masalah lainnya. Dalam kebanyakan pembahasan LP, masalah dual didefinisikan untuk berbagai bentuk masalah primal, bergantung apada jenis batasan, tanda dari variabel, dan arti dari optimasi (Taha, 1996:145).

Analisa sensitivitas merupakan analisa yang dilakukan setelah dicapainya penyelesaian optimal pada metode simpleks yang bertujuan untuk mengurangi perhitungan-perhitungan dan menghindari penghitungan ulang, bila terjadi perubahan-perubahan satu atau beberapa koefisien model LP pada saat penyelesaian optimal telah dicapai (Subagyo dkk, 1984:76).

### **4. Model Transportasi**

Masalah transportasi berkenaan dengan transportasi suatu produk yang diproses pada beberapa pabrik ke sejumlah tujuan-tujuan yang berbeda. Metoda transportasi merupakan suatu metoda yang digunakan untuk distribusi dari sumber yang menyediakan produk yang sama ke

tempat-tempat yang membutuhkan secara optimal (Subagyo dkk, 1984:93).

Menurut Aminudin (2005:64) tujuan dari model transportasi adalah merencanakan pengiriman dari sumber-sumber ke tujuan sedemikian rupa untuk meminimumkan total biaya transportasi dengan kendala, yaitu:

- Setiap permintaan tujuan terpenuhi
- Sumber tidak mungkin mengirimkan komoditas lebih besar dari kapasitasnya.

#### 2.9.4 Metode Simpleks sebagai Alternatif Pemecahan Masalah

Pekerjaan konstruksi merupakan pekerjaan yang melibatkan banyak kegiatan, karena hal inilah metode grafik tidak dapat digunakan karena jumlah kegiatan yang ada dalam pekerjaan konstruksi melibatkan lebih dari dua kegiatan. Sehingga dalam analisa masalah studi digunakan pemecahan dengan metode simpleks.

##### 1. Pengembangan Metode Simpleks

Perumusan model persoalan digunakan untuk mengubah persoalan kehidupan nyata menjadi bentuk matematis dalam metode simpleks. Sebelum menggunakan metode simpleks dalam memecahkan persoalan program linear perlu dipelajari bagaimana mengubah suatu bentuk program linear menjadi bentuk standarnya. Terdapat beberapa aturan bentuk standar program linear , yaitu:

1. Semua batasan/kendala adalah persamaan (dengan sisi kanan yang non negatif).
2. Semua variabel keputusan adalah non-negatif.
3. Fungsi tujuan dapat berupa maksimasi dan minimasi.

Bentuk umum program linier:

Optimumkan

$$(\text{Minimumkan/ Maksimalkan}) \quad Z = C_1 X_1 + C_2 X_2 + \cdots + C_j X_j + \cdots + C_n X_n$$

Dengan batasan :

$$\begin{array}{ccccccc} a_{11}X_1 & + & a_{12}X_2 & + & \dots & + & a_{1n}X_n & \leq \geq & b_1 \\ a_{21}X_1 & + & a_{22}X_2 & + & \dots & + & a_{2n}X_n & \leq \geq & b_2 \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \end{array}$$

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n \leq \geq b_m,$$

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n \geq 0$$

(Sumber: Aminudin, 2005:11)

*Keterangan :*

$Z$  = fungsi tujuan yang dicari nilai optimalnya (maksimal, minimasi)

$C_j$  = kenaikan nilai  $Z$  apabila ada pertambahan tingkat kegiatan  $x_j$ , dengan satu – satuan unit

$n$  = macam kegiatan yang menggunakan sumber atau fasilitas yang tersedia

$m$  = macam batasan sumber atau fasilitas yang tersedia

$x_j$  = tingkat kegiatan  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ )

$b_i$  = kapasitas sumber  $i$  yang tersedia untuk dialokasikan ke setiap unit kegiatan

$a_i$  = banyaknya sumber  $I$  yang diperlukan untuk menghasilkan setiap unit keluaran (output) kegiatan  $j$  ( $I = 1, 2, \dots, m$ , dan  $j = 1, 2, \dots, n$ ).

#### a. Penetapan Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan menggambarkan tujuan/sasaran yang berkaitan dengan pengoptimalan sumber daya terbatas untuk memperoleh keuntungan maupun meminimumkan biaya. Dalam studi ini, yang menjadi sasaran yaitu biaya upah tenaga kerja, sehingga dapat dirumuskan  $Z$  merupakan simbol biaya upah pekerjaan. Sementara itu, dalam menyelesaikan



permasalahan metode simpleks diperlukan perumusan bentuk matematis sebagai syarat penggunaan metode simpleks. Sehingga dapat dirumuskan formulasi bentuk matematis simpleks yang berkaitan dengan biaya pekerjaan yaitu, :

- a. Upah Tenaga Kerja
- b. Kelompok Tenaga Kerja

b. Penetapan Fungsi Pembatas

Fungsi pembatas diperlukan sebagai simbol formulasi pada metode simpleks yang diperoleh dari data-data sumber yang menjadi batasan di proyek yang kemudian diubah kedalam formulasi matematik. Adapun yang dipergunakan sebagai fungsi pembatas yaitu :

- a. Volume Pekerjaan
- b. Produktivitas Tenaga Kerja
- c. Jumlah tenaga kerja yang tersedia

## 2. Langkah – langkah Penyelesaian Metode Simpleks

Langkah-langkah yang harus dipahami dalam menggunakan metode simpleks, yaitu:

1. Formulasikan dan standarisasikan model persamaan.
2. Menyusun persamaan-persamaan di dalam tabel

**Tabel 2.3.** Simpleks dalam bentuk simbol

Variabel Dasar	Z	$X_1$	$X_2$	.....	$X_n$	$X_{n+1}$	$X_{n+1}$	$X_{n+2}$	$X_{n+m}$	NK
Z	1	$-C_1$	$-C_2$	.....	$-C_n$	0	0	.....	0	0
$X_{n+1}$	0	$a_{11}$	$a_{12}$	.....	$a_{1n}$	1	0	.....	0	$b_1$
$X_{n+2}$	0	$a_{21}$	$a_{22}$	.....	$a_{2n}$	0	1	.....	0	$b_2$
$X_{n+m}$	0	$a_{m1}$	$a_{m2}$	.....	$a_{mn}$	0	0	.....	0	$b_m$

**Sumber:** Subagyo dkk, 1984:35

*Ket :*

NK = nilai kanan persamaan, yaitu nilai untuk batasan di belakang tanda sama dengan

3. Memilih kolom kunci

Kolom kunci adalah kolom yang merupakan dasar untuk merubah tabel. Pilihlah kolom kunci dengan nilai pada garis tujuan yang bernilai negatif dengan angka terbesar.

4. Memilih baris kunci

Baris kunci adalah baris yang merupakan dasar untuk merubah baris pada tabel tersebut. Untuk itu terlebih dahulu carilah indeks tiap baris dengan cara membagi nilai yang sebaris pada kolom kunci. Nilai indeks dapat dicari dengan rumus sebagai berikut : (Subagyo dkk, 1984:36)

$$\text{Indeks} = \frac{\text{Nilai kolom NK}}{\text{Nilai kolom kunci}}$$

Pilihlah baris yang memiliki indeks positif dengan angka terkecil.

5. Merubah nilai-nilai baris

a. Merubah nilai baris kunci

Nilai baris kunci dirubah dengan cara membagi nilai-nilai pada baris kunci dengan angka kunci.

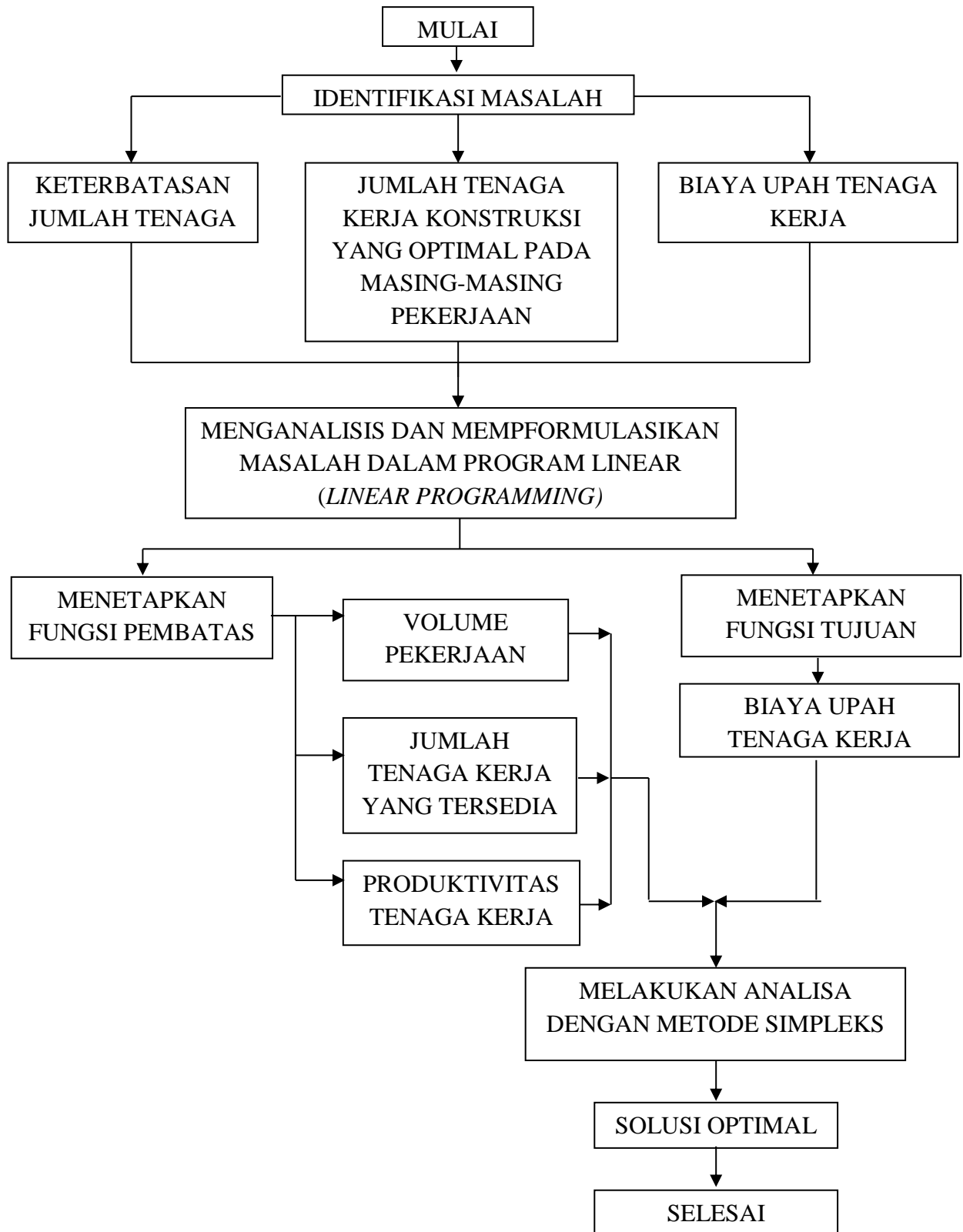
b. Merubah nilai-nilai baris selain baris kunci

Nilai-nilai baris lain, selain pada baris kunci dapat dirumuskan dengan rumus sebagai berikut : (Subagyo dkk, 1984:37)

$$\text{Baris baru} = \text{baris lama} - (\text{koefesien pada kolom kunci}) \times \text{nilai baru baris kunci}$$

6. Ulangi langkah-langkah perbaikan mulai langkah 3 sampai langkah ke 5 untuk mendapatkan nilai optimal. Penyelesaian dikatakan optimal, setelah baris fungsi tujuan tidak ada yang bernilai negatif.
7. Setelah penyelesaian optimal, kemudian membuat kesimpulan.

### 3. Kerangka Pikir metode simpleks



Gambar 2.3 Kerangka pikir metode simpleks

## 2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang mendukung studi ini adalah :

### 1. Optimasi Jumlah Tenaga Kerja Konstruksi

Judul Skripsi : Siswanto, Wawan P. 2012. *Optimasi Jumlah Tenaga Kerja Konstruksi Oleh Kontraktor dengan Program Linear*. ITN Malang, Malang.

Hasil :

- a. Jumlah pekerja konstruksi yang optimal pada gedung sekolah “*Bina Bangsa School Malang*” dengan menggunakan metode simpleks; 1) Pada pekerjaan kolom, yaitu pekerja/pembantu tukang = 21 orang, Tukang = 7 orang, kepala tukang = 2 orang, dan mandor = 1 orang; 2) pada pekerjaan balok dan plat, yaitu pekerja/pembantu tukang = 40 orang, tukang = 10 orang, kepala tukang = 2 orang, mandor = 1 orang.
- b. Besarnya penghematan biaya yang diperoleh setelah optimasi pekerja dengan metode simpleks yaitu : Rp. 57.780.000, atau sebesar 19,21 %.

### 2. Pendekatan Program Linear Dalam Perencanaan Tenaga kerja

Judul Skripsi : Renty Anugerah, 2014. *Pendekatan Program Linear dalam Perencanaan Tenaga Kerja Pada DEPT. HEAD ANALIZE di PT. Indonesia Epson Industri*. Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jakarta.

Hasil :

- a. Jumlah pekerja yang optimal setiap bulannya adalah April = 13 orang, Mei = 10 orang, Juni = 11 orang, Juli = 9 orang, Agustus = 18 orang, September = 14 orang, Oktober = 12 orang, November = 11 orang, Desember = 10 orang, Januari = 9 orang, Februari = 8 orang dan Maret = 8 orang.
- b. Biaya minimum yang diperoleh dari penelitian ini sebesar US\$ 7.253,72 untuk 1 tahun mendatang (April 2013 sampai Maret 2014).

## **BAB III**

### **METODOLOGI STUDI**

#### **3.1 Data Umum Proyek**

Pada studi ini digunakan suatu metode pemecahan masalah dengan metode simpleks yang ditujukan untuk menjelaskan peranan metode simpleks dalam pengelolaan kelompok kerja oleh kontraktor. Untuk melakukan pengelolaan kelompok kerja tersebut diperlukan data untuk dianalisa menjadi informasi yang akhirnya dapat ditarik menjadi suatu kesimpulan yang diperlukan. Studi ini difokuskan pada pengelolaan kelompok kerja oleh kontraktor untuk meningkatkan efisiensi kerja. Pengelolaan kelompok kerja ini berkaitan dengan tenaga kerja proyek pada tingkat mandor, tukang dan pekerja pada proyek *“Ruang Arsip dan Ruang Serbaguna Balai Sarana dan Pra Sarana Unit Hidrologi Tahap II”*.

Adapun pihak yang menjadi owner, perencana, pengawas dan pelaksana proyek Ruang Arsip dan Ruang Serbaguna Balai Sarana dan Pra Sarana Unit Hidrologi Tahap II adalah sebagai berikut :

1. Pemilik Proyek (Owner) : Balai Wilayah Sungai Maluku
2. Konsultan Perencana : PT. Metrik System Indonesia
3. Pengawas : Unit PPK Ketatalaksanaan BWS Maluku
4. Kontraktor Pelaksana : PT Tri Guna Abadi

### **3.2 Data dan Metode Pengumpulan Data**

#### **3.2.1 Data yang Dibutuhkan**

Data-data yang dibutuhkan adalah data jumlah tenaga kerja yang tersedia, data volume pekerjaan dan data jadwal pekerjaan.

#### **3.2.2 Metode Pengumpulan Data**

Cara memperoleh data yang berkaitan dengan studi ini yaitu dengan wawancara langsung dengan pihak kontraktor pelaksana.

### **3.3 Metode Pustaka**

Studi pustaka diperoleh dari teori-teori, konsep dari buku dan referensi lain yaitu skripsi dan jurnal dari internet.

### **3.4 Analisa Data**

Analisa data dilakukan setelah kita mendapatkan data yang dibutuhkan dan pustaka yang cukup untuk mengolah data tersebut. Adapun analisa datanya :

- **Penetapan fungsi tujuan**

Fungsi tujuan menggambarkan tujuan/sasaran yang berkaitan dengan pengoptimalan sumber daya terbatas untuk memperoleh keuntungan maupun meminimumkan biaya. Dalam studi ini, yang menjadi sasaran yaitu biaya upah tenaga kerja , sehingga dapat dirumuskan  $Z$  merupakan simbol biaya upah pekerjaan. Sementara itu, dalam menyelesaikan permasalahan metode simpleks diperlukan perumusan bentuk matematis sebagai syarat penggunaan metode simpleks. Sehingga dapat dirumuskan formulasi bentuk



matematis simpleks berkaitan biaya pekerjaan yaitu, upah pekerja serta jumlah pekerja . Diperoleh bentuk matematis sebagai berikut :

$$Z = ax_1 + bx_2 + cx_3 + dx_4 + ex_5 + fx_6 + gx_7 + hx_8$$

**Keterangan :**

- Z : Biaya upah tenaga kerja (per hari)
- X<sub>1</sub> : Jumlah alokasi pekerja/ Pembantu Tukang
- X<sub>2</sub> : Jumlah alokasi Tukang besi
- X<sub>3</sub> : Jumlah alokasi Tukang batu
- X<sub>4</sub> : Jumlah alokasi Tukang kayu
- X<sub>5</sub> : Jumlah alokasi Kepala Tukang besi
- X<sub>6</sub> : Jumlah alokasi Kepala Tukang batu
- X<sub>7</sub> : Jumlah alokasi Kepala Tukang kayu
- X<sub>8</sub> : Jumlah alokasi Mandor
- a : Upah pekerja/ Pembantu Tukang (per hari)
- b : Upah Tukang besi (per hari)
- c : Upah Tukang batu (per hari)
- d : Upah Tukang kayu (per hari)
- e : Upah Kepala Tukang besi (per hari)
- f : Upah Kepala Tukang batu (per hari)
- g : Upah Kepala Tukang kayu (per hari)
- h : Upah Mandor (per hari)

- Menentukan Batasan (*Fungsi Pembatas*)

Fungsi pembatas diperlukan untuk mendapatkan hasil yang tidak melebihi dari data-data yang sudah ditentukan pada proyek. Adapun yang dipergunakan sebagai fungsi pembatas yaitu volume pekerjaan, produktivitas tenaga kerja, dan jumlah tenaga kerja. Sehingga secara matematis dapat diformulasikan sebagai berikut :

a. Batasan Volume pekerjaan

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + a_{14}X_4 + a_{15}X_5 + a_{16}X_6 + a_{17}X_7 + a_{18}X_8 \leq b_1$$

**Keterangan :**

$a_{11}$  = produktivitas pekerja per hari

$a_{12}$  = produktivitas tukang besi per hari

$a_{13}$  = produktivitas tukang batu per hari

$a_{14}$  = produktivitas tukang kayu per hari

$a_{15}$  = produktivitas kepala tukang besi per hari

$a_{16}$  = produktivitas kepala tukang batu per hari

$a_{17}$  = produktivitas kepala tukang kayu per hari

$a_{18}$  = produktivitas mandor per hari

$b_1$  = batasan volume pekerjaan per hari

$X_1$  = Jumlah alokasi pekerja/ Pembantu Tukang

$X_2$  = Jumlah alokasi Tukang besi

$X_3$  = Jumlah alokasi Tukang batu

$X_4$  = Jumlah alokasi Tukang kayu

$X_5$  = Jumlah alokasi Kepala Tukang besi

$X_6$  = Jumlah alokasi Kepala Tukang batu

$X_7$  = Jumlah alokasi Kepala Tukang kayu

$X_8$  = Jumlah alokasi Mandor

b. Batasan Produktivitas tenaga kerja perhari

$$a_{21} \cdot X_1 \leq b_2$$

$$a_{22} \cdot X_2 \leq b_2$$

$$a_{23} \cdot X_3 \leq b_2$$

$$a_{24} \cdot X_4 \leq b_2$$

$$a_{25} \cdot X_5 \leq b_2$$

$$a_{26} \cdot X_6 \leq b_2$$

$$a_{27} \cdot X_7 \leq b_2$$

$$a_{28} \cdot X_8 \leq b_2$$

**Keterangan:**

$a_{11}$  = produktivitas pekerja per hari

$a_{12}$  = produktivitas tukang besi per hari

$a_{13}$  = produktivitas tukang batu per hari

$a_{14}$  = produktivitas tukang kayu per hari

$a_{15}$  = produktivitas kepala tukang besi per hari

$a_{16}$  = produktivitas kepala tukang batu per hari

$a_{17}$  = produktivitas kepala tukang kayu per hari

$a_{18}$  = produktivitas mandor per hari

$X_1$  = Jumlah alokasi pekerja/ Pembantu Tukang

$X_2$  = Jumlah alokasi Tukang besi

$X_3$  = Jumlah alokasi Tukang batu

$X_4$  = Jumlah alokasi Tukang kayu

$X_5$  = Jumlah alokasi Kepala Tukang besi

$X_6$  = Jumlah alokasi Kepala Tukang batu

$X_7$  = Jumlah alokasi Kepala Tukang kayu

$X_8$  = Jumlah alokasi Mandor

$b_2$  = batasan produktivitas tenaga kerja

c. Batasan Jumlah total tenaga kerja tersedia

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 \leq b_3$$

**Keterangan :**

$X_1$  = Jumlah alokasi pekerja/ Pembantu Tukang

$X_2$  = Jumlah alokasi Tukang besi

$X_3$  = Jumlah alokasi Tukang batu

$X_4$  = Jumlah alokasi Tukang kayu

$X_5$  = Jumlah alokasi Kepala Tukang besi

$X_6$  = Jumlah alokasi Kepala Tukang batu

$X_7$  = Jumlah alokasi Kepala Tukang kayu

$X_8$  = Jumlah alokasi Mandor

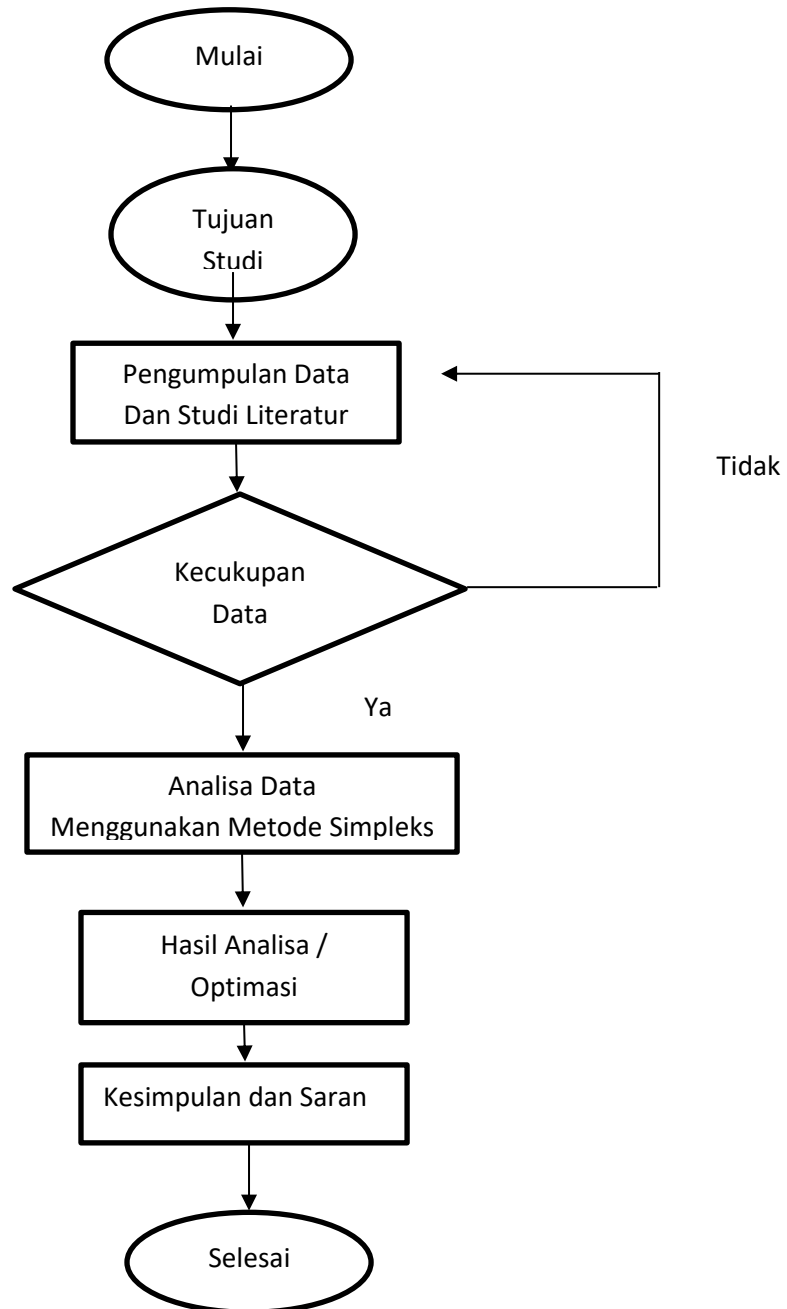
$b_3$  = batasan jumlah tenaga kerja

- Melakukan proses analisa tabel simpleks dengan menggunakan software computer dengan tujuan minimum, proses berhenti ketika sudah mencapai nilai optimal.

### **3.5 Hasil Analisa**

Setelah optimasi hasil yang diharapkan memberikan penghematan biaya kepada kontraktor berkaitan biaya upah pekerja.

### 3.6 Bagan Alir Studi



**Gambar 3.1** Bagan Alir Studi

## **BAB IV**

### **ANALISA PEMBAHASAN STUDI**

#### **4.1 Identifikasi Data**

Pada bab ini penulis melakukan pengolahan data yang telah diperoleh dari proyek berkaitan dengan batasan masalah dalam studi. Adapun data-data tersebut adalah :

##### **4.1.1 Volume Pekerjaan**

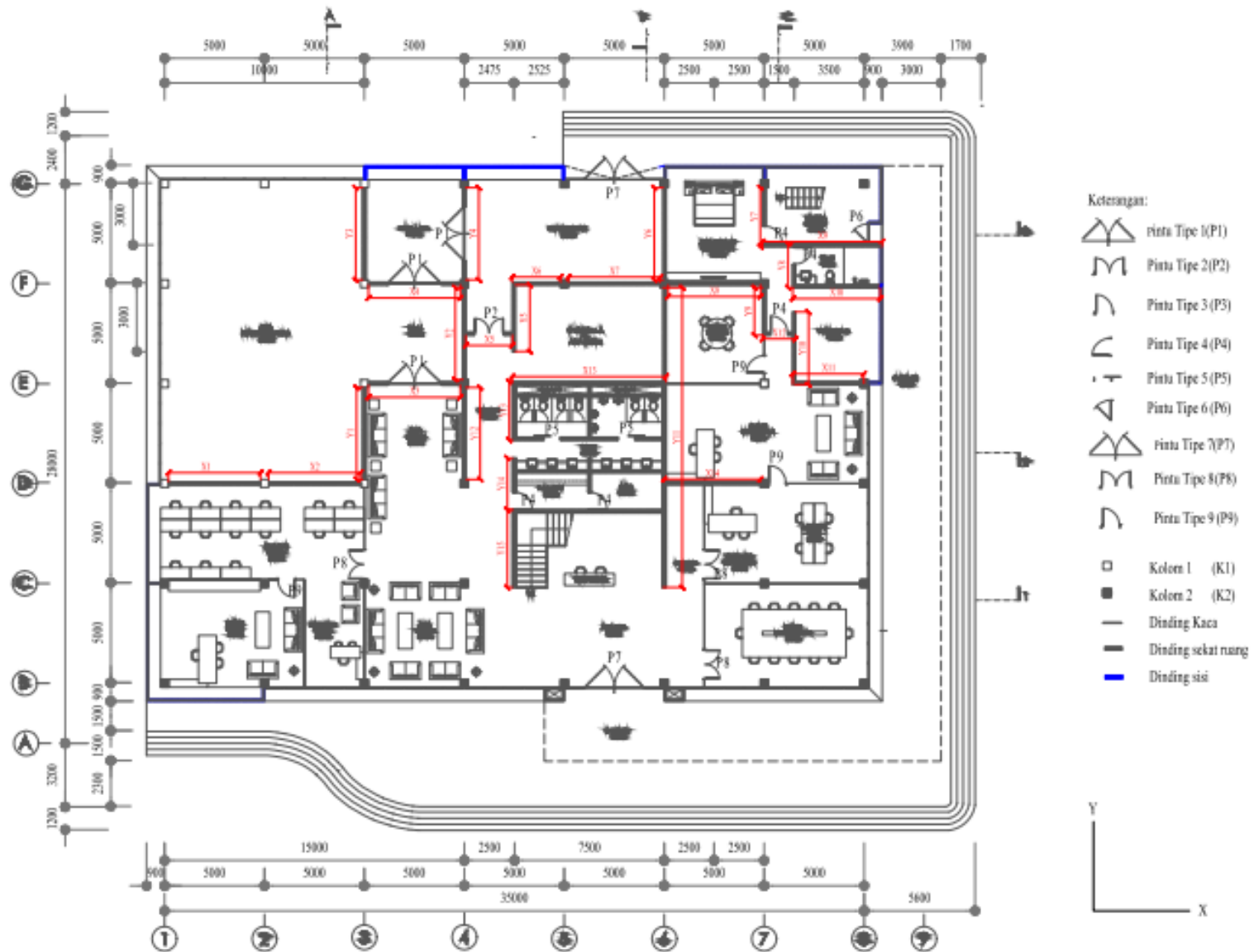
Volume pekerjaan yang digunakan dalam mengolah data-data pada pembangunan gedung "*Ruang Arsip dan Ruang Serbaguna Balai Sarana dan Prasarana Unit Hidrologi Tahap II*" adalah data volume pekerjaan pada lantai 1 dan volume pekerjaan lantai 2. Data-data ini diperoleh dari *PT. Tri Guna Abadi* selaku kontraktor pelaksana. Di bawah ini merupakan perhitungan volume pekerjaan pada lantai 1 dan 2.

##### **1. Volume Pekerjaan pada lantai 1**

Berdasarkan data dari *PT. Tri Guna Abadi*, diperoleh volume pekerjaan pada lantai 1 adalah sebagai berikut:

###### **a. Volume pekerjaan dinding pasangan bata/batako**

Volume dinding bata dapat dihiitung dengan acuan gambar denah, tampak dan potongan. Berdasarkan data gambar dari *PT. Tri Guna Abadi*, data gambar yang digunakan untuk melakukan perhitungan volume pekerjaan dinding bata yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.1 Denah Lantai 1  
Skala 1 : 2750



1. Volume dinding bata sekot ruang :

Dari data proyek diketahui:

Ukuran Kolom 1 (K1) = 0,5 m x 0,5 m

Ukuran Kolom 2 (K2) = 0,4 m x 0,4 m

Dari gambar denah 4.1 diperoleh :

Panjang dinding searah sumbu x:

$$\begin{aligned}\text{Panjang x1} &= 5 \text{ m} - (2 \times (1/2 \text{ lebar K1})) \\ &= 5 \text{ m} - (2 \times (1/2 \times 0,5)) \\ &= 4,5 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\text{Panjang x2} = \text{x1} = 4,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang x3} &= 5 \text{ m} - (1/2 \times \text{lebar K1} + 1/2 \text{ lebar K2}) \\ &= 5 \text{ m} - (1/2 \times 0,5 + 1/2 \times 0,4) \\ &= 4,55 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\text{Panjang x4} = \text{x3} = 4,55 \text{ m}$$

$$\text{Panjang x5} = 2,475 \text{ m}$$

$$\text{Panjang x6} = 2,525 \text{ m} - (1/2 \text{ lebar K2}) = 2,525 - 0,2 = 2,0325 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang x7} &= 5 \text{ m} - (2 \times (1/2 \text{ lebar K2})) \\ &= 5 \text{ m} - (2 \times (1/2 \times 0,4)) = 4,6 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\text{Panjang x8} = \text{x7} = 4,6 \text{ m}$$

$$\text{Panjang x9} = 5,9 \text{ m}$$

$$\text{Panjang x10} = (3,5 + 0,9) \text{ m} - \text{lebar k2} = 4,1 \text{ m} - 0,4 = 3,7 \text{ m}$$

$$\text{Panjang x11} = 3,5 \text{ m} - (1/2 \times \text{lebar k2}) = 3,5 - (1/2 \times 0,4) = 3,3 \text{ m}$$

$$\text{Panjang x12} = 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang } x_{13} = 2,525 \text{ m} + 5 \text{ m} = 7,525 \text{ m}$$

Panjang dinding searah sumbu y:

$$\begin{aligned}\text{Panjang } y_1 &= 5 \text{ m} - (2 \times (1/2 \text{ lebar } k_1)) \\ &= 5 \text{ m} - (2 \times (1/2 \times 0,5)) \\ &= 4,5 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang } y_2 &= 5 \text{ m} - (2 \times (1/2 \text{ lebar } k_2)) \\ &= 5 \text{ m} - (2 \times (1/2 \times 0,4)) \\ &= 4,55 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\text{Panjang } y_3 = y_1 = 4,5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang } y_4 = y_3 = 4,5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang } y_5 = 3 \text{ m}$$

$$\text{Panjang } y_6 = y_4 = 4,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang } y_7 &= 3 \text{ m} - (1/2 \times \text{lebar } k_2) \\ &= 3 \text{ m} - (1/2 \times 0,4) \\ &= 2,8 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\text{Panjang } y_8 = 2 \text{ m}$$

$$\text{Panjang } y_9 = 2,5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang } y_{10} = 3,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang } y_{11} &= 15 \text{ m} - (1/2 \times \text{lebar } k_2) \\ &= 15 \text{ m} - (1/2 \times 0,4) \\ &= 14,8 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\text{Panjang } y_{12} = 5 \text{ m} - (2 \times 1/2 \text{ lebar } k_2) = 5 \text{ m} - (2 \times (1/2 \cdot 0,4)) = 4,6 \text{ m}$$



Berdasarkan gambar 4.2 diperoleh:

$$\text{Panjang } y_{13} = 0,2 + 0,425 + 0,15 + 1,25 + 0,75 + 0,15 = 2,925 \text{ m}$$

$$\text{Panjang } y_{14} = (1,5 - 0,8) + 0,15 + 1,85 = 2,7 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang } y_{15} &= y_{11} - (y_{12} + 0,8 + y_{13}) = 14,8 - (2,925 + 0,8 + 2,7) \\ &= 6,425 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari panjang masing-masing dinding diperoleh:

$$\begin{aligned}\text{Panjang dinding x} &= X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 \\ &\quad + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + (X_{13} \times 4) \\ &= 4,5 + 4,5 + 4,55 + 4,55 + 2,475 + 2,0325 + 4,6 \\ &\quad + 4,6 + 5,9 + 3,7 + 3,3 + 1,5 + (7,525 \times 4) \\ &= 76,3075 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang dinding y} &= y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7 + y_8 + y_9 + \\ &\quad y_{10} + y_{11} + y_{12} + (y_{13} \times 2) + (y_{14} \times 2) + y_{15} \\ &= 4,5 + 4,55 + 4,5 + 4,5 + 3 + 4,5 + 2,8 + 2 + 2,5 \\ &\quad + 3,5 + 14,84 + 4,6 + (2,925 \times 2) + \\ &\quad (2,7 \times 2) + 6,425 \\ &= 73,465 \text{ m}\end{aligned}$$

- Panjang dinding = panjang arah x + panjang arah y  
$$= 76,3075 + 73,465$$
$$= 149,7725 \text{ m}$$

- Tinggi dinding = Tinggi lantai – tinggi balok  
$$= 5 - 0,6 = 4,4 \text{ m}$$

- Luas pelubangan pintu :

Dari data proyek diperoleh:

$$\text{Luas P1} = 3 \times 2,1 = 6,3 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas P2} = 3 \times 2,1 = 3,36 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas P3} = 0,9 \times 2,1 = 1,89 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas P4} = 0,8 \times 2,1 = 1,68 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas P5} = 0,75 \times 2,1 = 1,575 \text{ m}^2$$

Luas pelubangan Sumbu x:

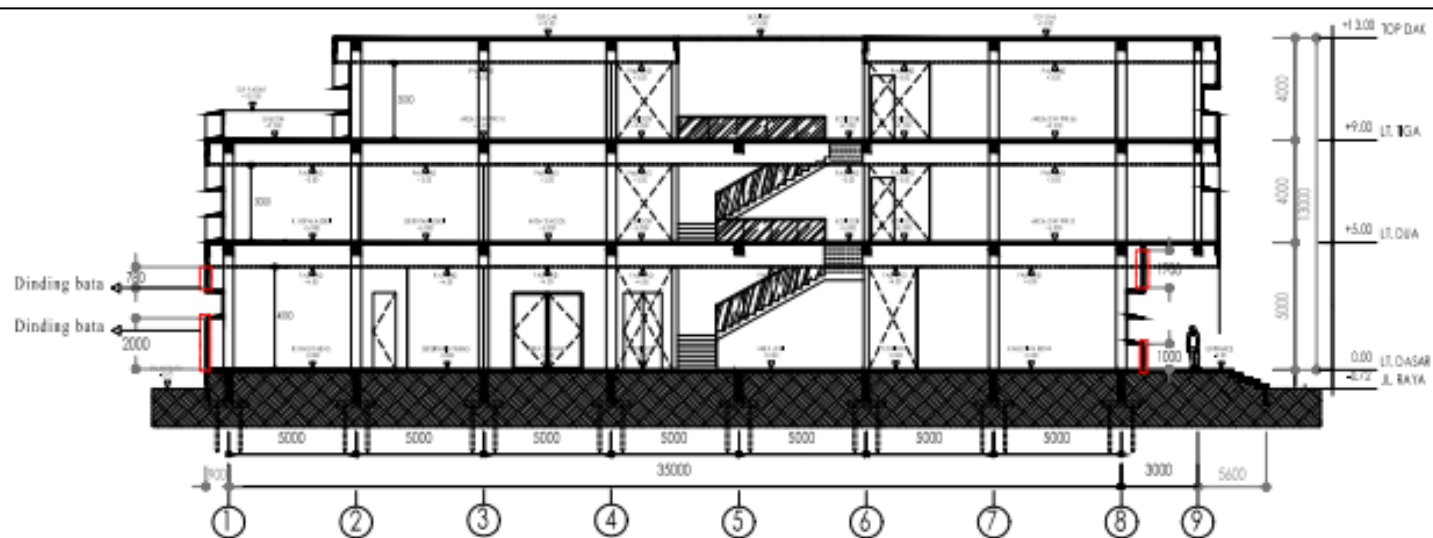
$$\begin{aligned} \text{LPx} &= (\text{Luas P1} \times 2) + \text{Luas P2} + \text{Luas P4} + (\text{Luas P5} \times 2) \\ &= (6,3 \times 2) + 3,36 + 1,68 + (1,575 \times 2) \\ &= 20,79 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Luas pelubangan Sumbu y:

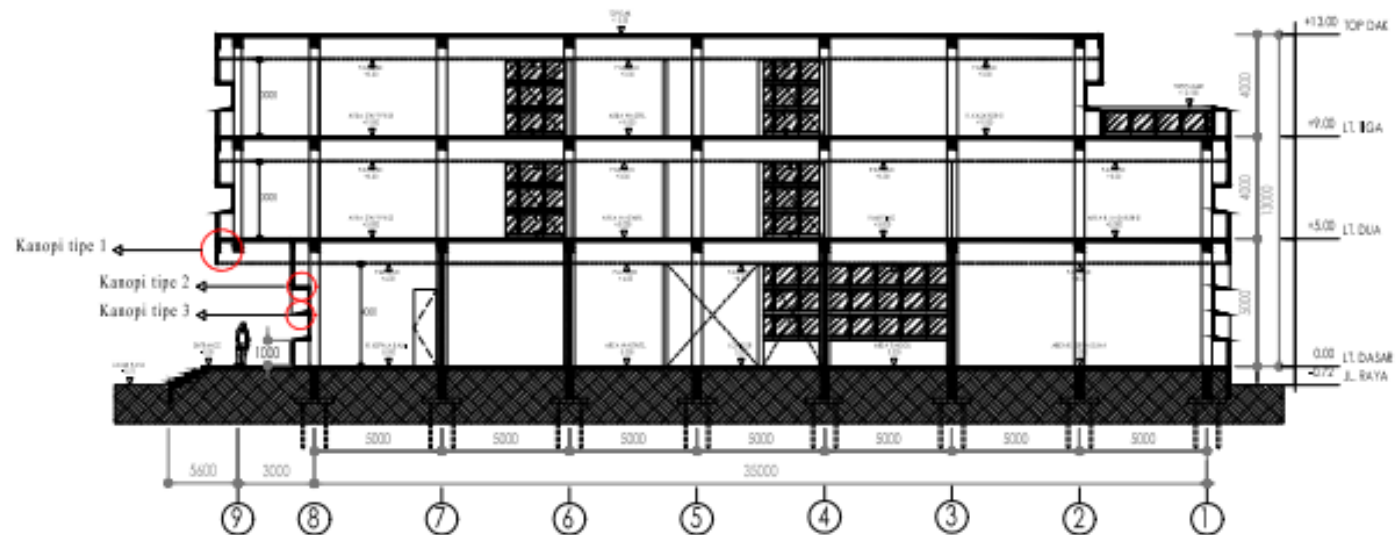
$$\begin{aligned} \text{LPy} &= \text{Luas P1} + (\text{Luas P4} \times 4) \\ &= 6,3 + (1,68 \times 4) \\ &= 13,02 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Luas bersih dinding diperoleh setelah dikurangi luas pintu:

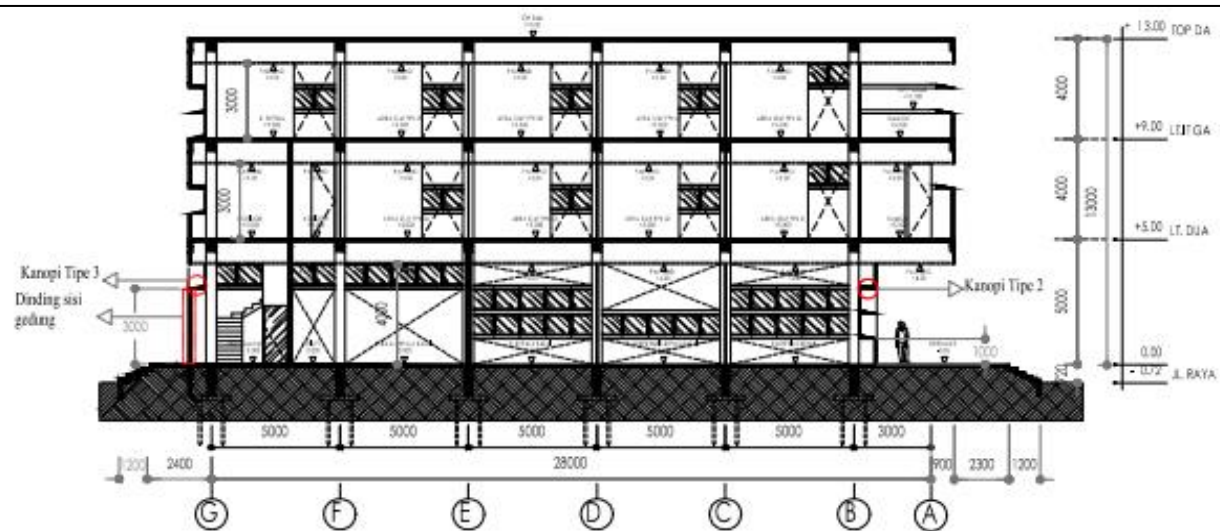
$$\begin{aligned} \text{Luas total} &= \text{Luas dinding} - (\text{LPx} + \text{LPy}) \\ &= (149,7725 \times 4,4) - (20,79 + 13,02) \\ &= 625,189 \text{ m}^2 \end{aligned}$$



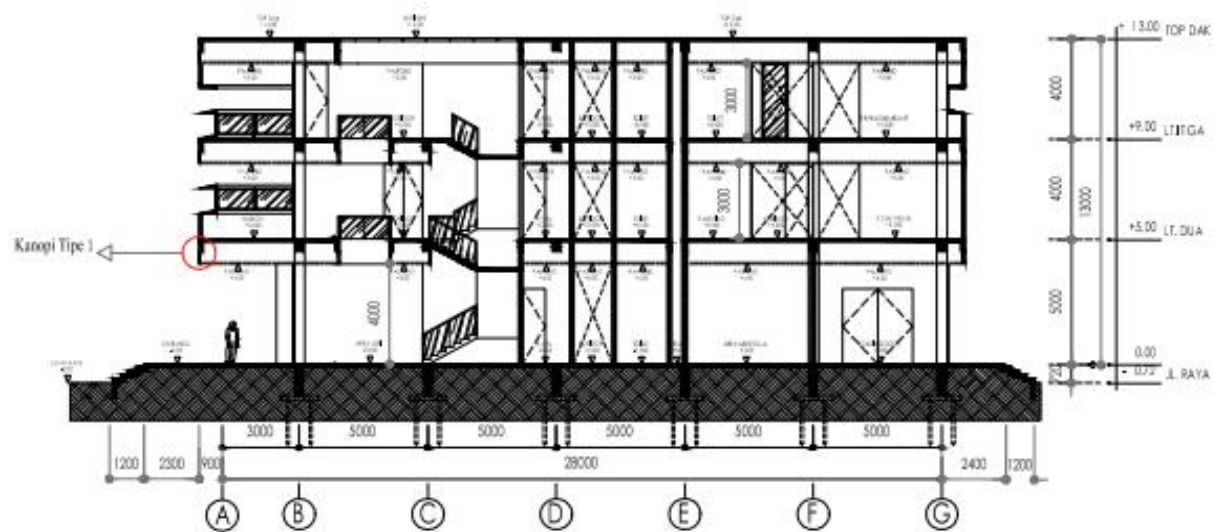
Gambar 4.3 Potongan 1  
Skala 1 : 2000



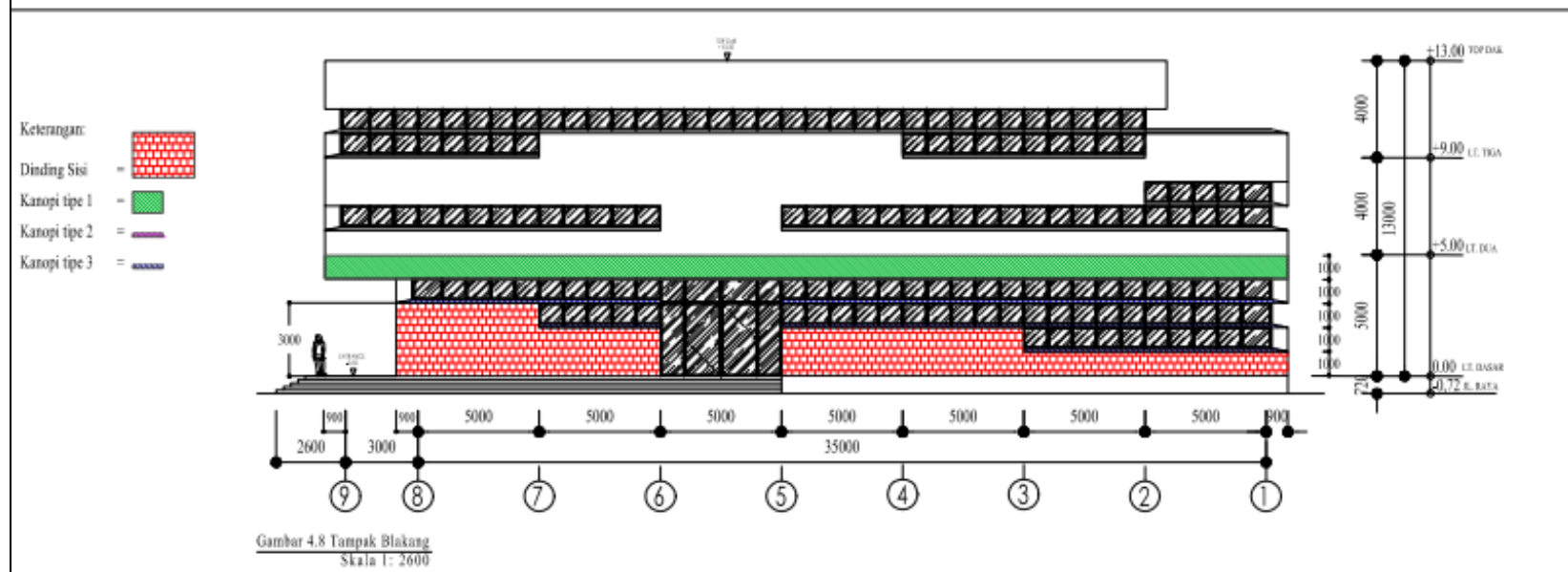
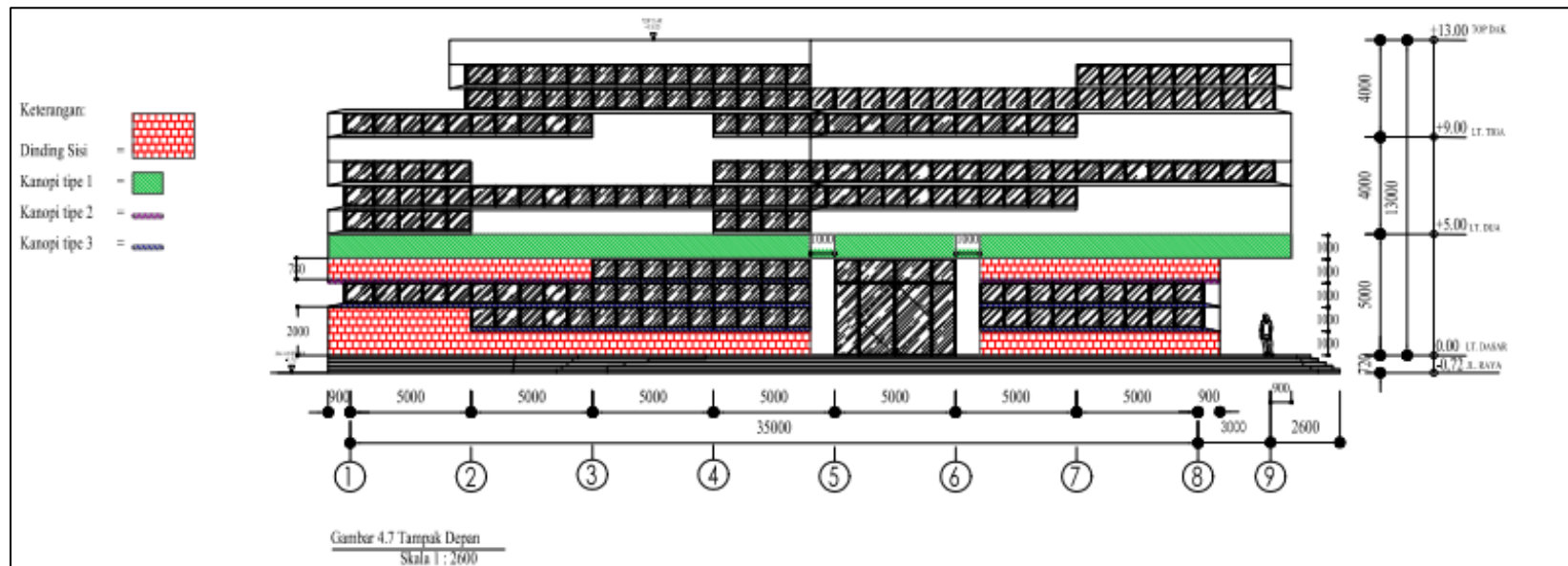
Gambar 4.4 Potongan 2  
Skala 1 : 2000



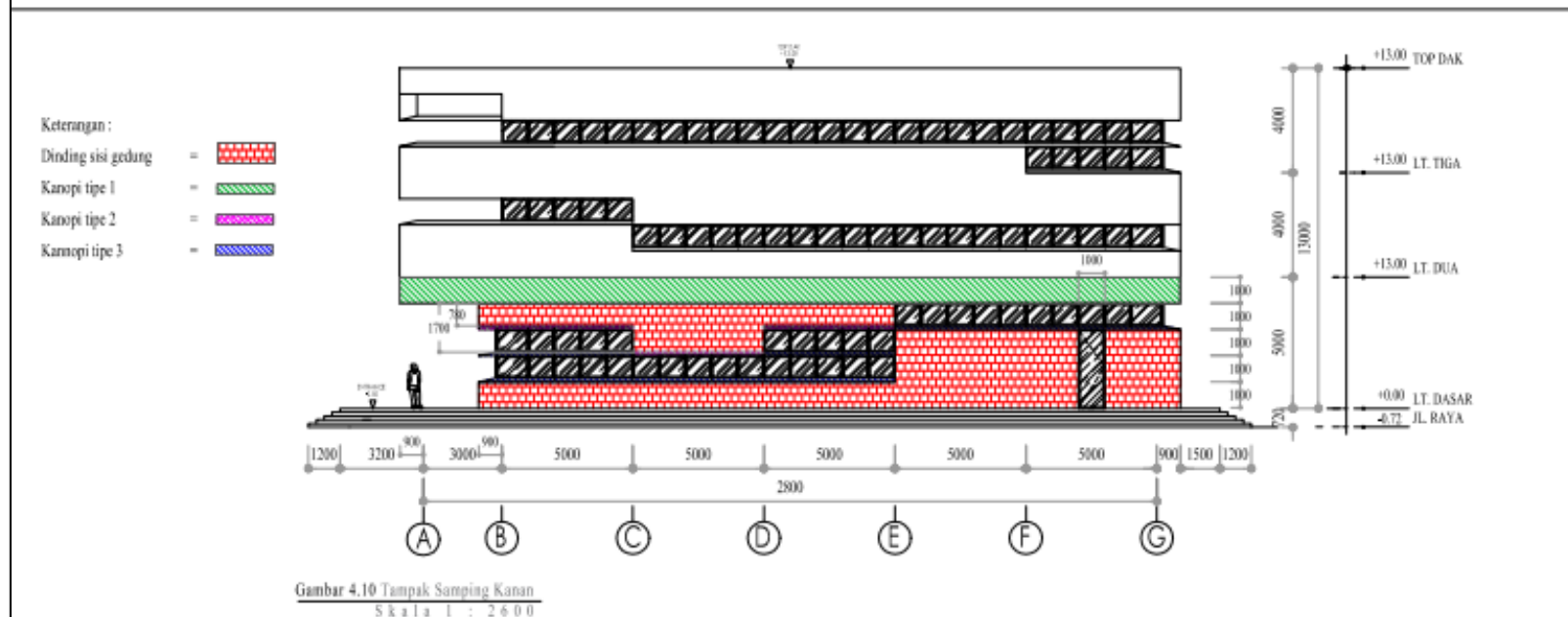
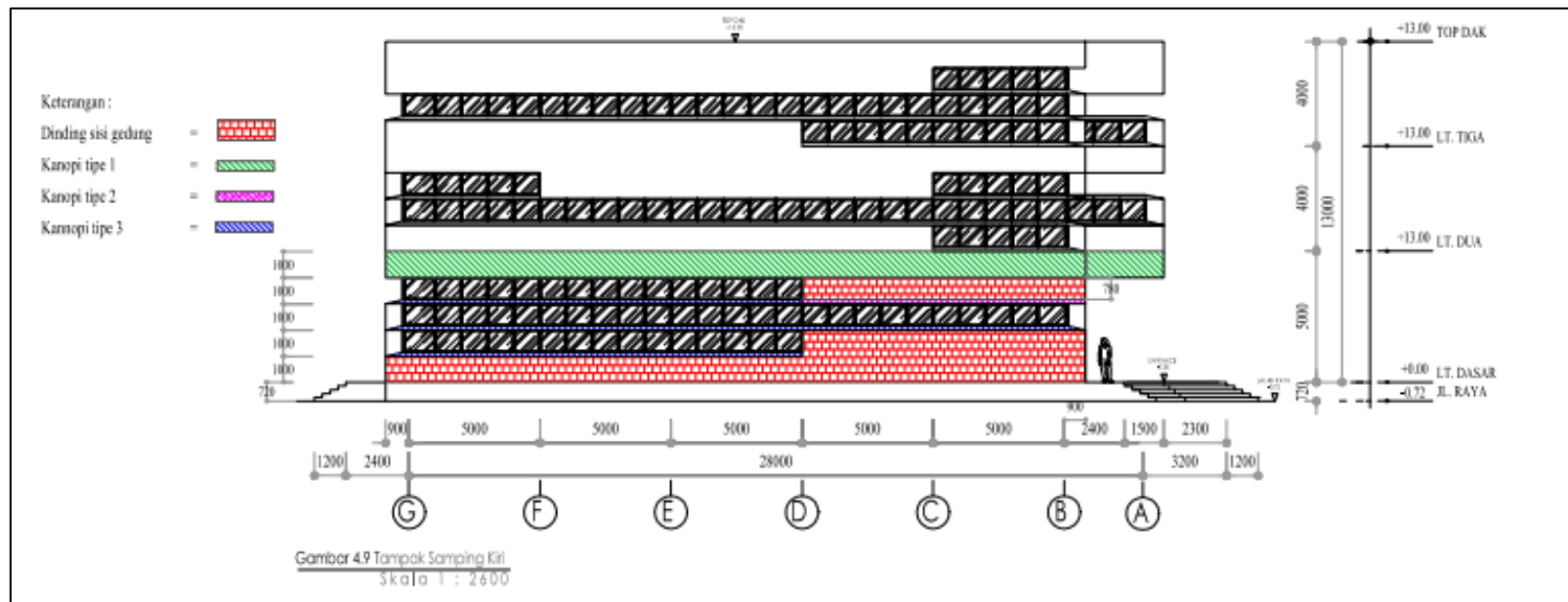
Gambar 4.5 Potongan C  
Skala 1 : 2000



Gambar 4.6 Potongan B  
Skala 1 : 2000







## 2. Volume dinding sisi gedung

Berdasarkan gambar 4.3, diketahui tinggi dinding sisi gedung bervariasi. Sebagai acuan perhitungan, gambar 4.7, gambar 4.8, gambar 4.9 dan gambar 4.10 dipakai untuk menghitung panjang masing-masing dinding tersebut. Sehingga, diperoleh perhitungan luas dinding sebagai berikut:

Dari gambar 4.7 diperoleh:

- Tinggi dinding = 0,78 m  
Panjang =  $(0,9 + 5 + 5) + ((5 - 1) + 5 + 0,9) = 20,8 \text{ m}$   
Luas = panjang x tinggi  
=  $20,8 \times 0,78$   
=  $16,224 \text{ m}^2$
- Tinggi dinding = 1 m  
Panjang =  $5 + 5 + (5 - 1) + (5 - 1) + 5 + 0,9 = 23,9 \text{ m}$   
Luas =  $23,9 \times 1 = 23,9 \text{ m}^2$
- Tinggi dinding = 2 m  
Panjang =  $0,9 + 5 = 5,9 \text{ m}$   
Luas =  $5,9 \times 2 = 11,8 \text{ m}^2$

Dari gambar 4.8 diperoleh:

- Tinggi dinding = 1 m  
Panjang =  $5 + 5 + 0,9 = 10,9 \text{ m}$   
Luas = panjang x tinggi  
=  $10,9 \times 1 = 10,9 \text{ m}$

- Tinggi dinding = 2 m

$$\text{Panjang} = 5 + 5 + 5 = 15 \text{ m}$$

$$\text{Luas} = 15 \times 2 = 30 \text{ m}^2$$

- Tinggi dinding = 3 m

$$\text{Panjang} = 0,9 + 5 = 5,9 \text{ m}$$

$$\text{Luas} = 5,9 \times 3 = 17,7 \text{ m}^2$$

Dari gambar 4.9 diperoleh:

- Tinggi dinding = 0,78 m

$$\text{Panjang} = 5 + 5 + 0,9 = 10,9 \text{ m}$$

$$\text{Luas} = \text{panjang} \times \text{tinggi}$$

$$= 10,9 \times 0,78$$

$$= 8,502 \text{ m}^2$$

- Tinggi dinding = 1 m

$$\text{Panjang} = 0,9 + 5 + 5 + 5 = 15,9 \text{ m}$$

$$\text{Luas} = 15,9 \times 1 = 15,9 \text{ m}^2$$

- Tinggi dinding = 2 m

$$\text{Panjang} = 5 + 5 + 0,9 = 10,9 \text{ m}$$

$$\text{Luas} = 10,9 \times 2 = 21,8 \text{ m}^2$$

Dari gambar 4.10 diperoleh:

- Tinggi dinding = 0,78 m

$$\text{Panjang} = 0,9 + 5 + 5 = 10,9 \text{ m}$$

$$\text{Luas} = 10,9 \times 0,78 = 8,502 \text{ m}^2$$

- Tinggi dinding = 1 m

$$\text{Panjang} = 0,9 + 5 + 5 + 5 = 15,9 \text{ m}$$

$$\text{Luas} = 15,9 \times 1 = 15,9 \text{ m}^2$$

- Tinggi dinding = 1,7 m

$$\text{Panjang} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Luas} = 5 \times 1,7 = 6,7 \text{ m}^2$$

- Tinggi dinding = 3 m

$$\text{Panjang} = 5 + (5-1) + 0,9 = 9,9 \text{ m}$$

$$\text{Luas} = 9,9 \times 3 = 29,7 \text{ m}^2$$

- Total volume dinding sisi gedung

Volume = Total Luas dinding dari gambar 4.7 + Total luas dinding

dari gambar 4.8 + Total luas dinding dari gambar 4.9 +

Total luas dinding dari gambar 4.10

$$= (16,224 + 23,9 + 11,8) + (10,9 + 30 + 17,7) + (8,502 +$$

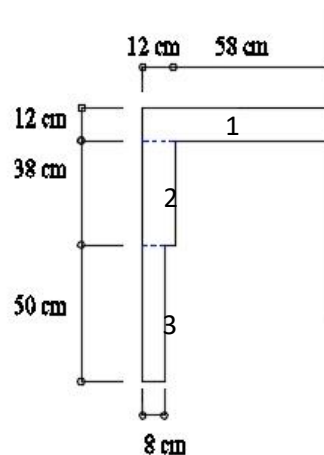
$$15,9 + 21,8) + (8,502 + 15,9 + 6,7 + 29,7)$$

$$= 217,528 \text{ m}^2$$

b. Volume pekerjaan beton kanopi

Berdasarkan gambar 4.4 terdapat 3 tipe kanopi pada gedung. Sehingga untuk mendapatkan volume kanopi dilakukan perhitungan volume sebagai berikut

1. Kanopi tipe 1



**Gambar 4.11** Detail Kanopi tipe 1

Dari gambar 4.11 diperoleh :

$$\text{Luas bagian 1} = (12 + 58) \times 12 = 840 \text{ cm}^2 = 0,084 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas bagian 2} = 38 \times 12 = 456 \text{ cm}^2 = 0,0456 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas bagian 3} = 50 \times 8 = 400 \text{ cm}^2 = 0,04 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas kanopi tipe 1} = L1 + L2 + L3$$

$$= 0,084 + 0,0456 + 0,04 = 0,1696 \text{ m}^2$$

Dari gambar 4.7, gambar 4.8, gambar 4.9 dan gambar 4.10, diperoleh volume kanopi tipe 1 pada lantai 1 dengan rincian sebagai berikut:

Dari gambar 4.7 diperoleh:

$$\text{Panjang} = 0,9 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 3 + 0,9 = 39,8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \text{Luas kanopi tipe 1} \times \text{panjang} \\ &= 0,1696 \times 39,8 = 6,75008 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dari gambar 4.8 diperoleh:

$$\text{Panjang} = 0,9 + 3 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 0,9 = 39,8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \text{Luas kanopi tipe 1} \times \text{panjang} \\ &= 0,1696 \times 39,8 = 6,75008 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dari gambar 4.9 diperoleh:

$$\text{Panjang} = 0,9 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 2,4 + 1,5 = 29,8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \text{Luas kanopi tipe 1} \times \text{panjang} \\ &= 0,1696 \times 29,8 = 5,05408 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dari gambar 4.10 diperoleh:

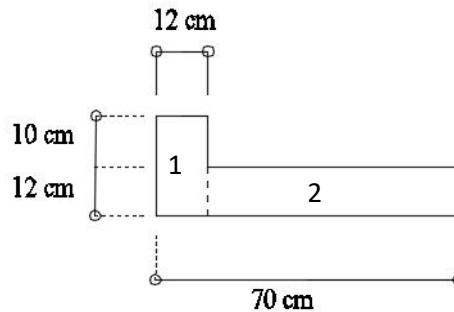
$$\text{Panjang} = 0,9 + 3 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 0,9 = 29,8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \text{Luas kanopi tipe 1} \times \text{panjang} \\ &= 0,1696 \times 29,8 = 5,05408 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Sehingga diperoleh volume total kanopi tipe 1, yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \text{Volume dari gambar 4.7} + \text{Volume dari gambar 4.8} \\ &\quad + \text{Volume dari gambar 4.9} + \text{Volume dari gambar 4.10} \\ &= 6,75008 + 6,75008 + 5,05408 + 5,05408 \\ &= 23,60832 \text{ m}^3\end{aligned}$$

## 2. Kanopi tipe 2



**Gambar 4.12** Detail Kanopi Tipe 2

Dari gambar 4.12 diperoleh :

$$\text{Luas bagian 1} = (10 + 12) \times 12 = 264 \text{ cm}^2 = 0,0264 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas bagian 2} = 12 \times 70 = 840 \text{ cm}^2 = 0,084 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas kanopi tipe 2} = L1 + L2$$

$$= 0,0264 + 0,084 = 0,1104 \text{ m}^2$$

Dari gambar 4.7, gambar 4.8, gambar 4.9 dan gambar 4.10, diperoleh volume kanopi tipe 2, sebagai berikut:

Dari gambar 4.7, diperoleh:

$$\text{Panjang} = 0,9 + 5 + 5 + (5 - 1) + 5 + 0,9 = 20,8 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = \text{Luas kanopi tipe 2} \times \text{panjang}$$

$$= 0,1104 \times 20,8 = 2,29632 \text{ m}^3$$

Dari gambar 4.9 diperoleh:

$$\text{Panjang} = 5 + 5 + 0,9 = 10,9 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = \text{Luas kanopi tipe 2} \times \text{panjang}$$

$$= 0,1104 \times 10,9 = 1,20336 \text{ m}^3$$

Dari gambar 4.10 diperoleh:

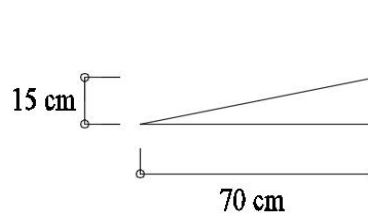
$$\text{Panjang} = 0,9 + 5 + 5 + 5 = 15,9 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \text{Luas kanopi tipe 2} \times \text{panjang} \\ &= 0,1104 \times 15,9 = 1,75536 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Sehingga diperoleh volume total kanopi tipe 2, yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \text{Volume dari gambar 4.7} + \text{Volume dari gambar 4.9} \\ &\quad + \text{Volume dari gambar 4.10} \\ &= 2,29632 + 1,20336 + 1,75536 \\ &= 5,25504 \text{ m}^3\end{aligned}$$

### 3. Kanopi tipe 3



**Gambar 4.13** Detail Kanopi tipe 3

Dari gambar 4.13 diperoleh :

$$\begin{aligned}\text{Luas kanopi tipe 3} &= \frac{1}{2} \times 0,70 \times 0,15 \\ &= 0,0525 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Sebagai acuan perhitungan, dengan menggunakan gambar 4.7, gambar 4.8, gambar 4.9 dan gambar 4.10 diperoleh volume kanopi tipe 3, sebagai berikut:



Dari gambar 4.7, diperoleh:

$$\text{Panjang} = 9 + 19,9 + 14 + (9,9 \times 2) = 62,7 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \text{Luas kanopi tipe 3} \times \text{panjang} \\ &= 0,0525 \times 62,7 = 3,29175 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dari gambar 4.8, diperoleh:

$$\text{Panjang} = 10,9 + 5 + (20,9 \times 2) + 10,9 = 68,6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \text{Luas kanopi tipe 3} \times \text{panjang} \\ &= 0,0525 \times 68,6 = 3,6015 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dari gambar 4.9, diperoleh:

$$\text{Panjang} = 15,9 + 26,8 + 15,9 = 58,6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \text{Luas kanopi tipe 3} \times \text{panjang} \\ &= 0,0525 \times 58,6 = 3,0765 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dari gambar 4.10, diperoleh:

$$\text{Panjang} = 5,9 + 5 + 15,9 + 10,9 = 37,7 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \text{Luas kanopi tipe 3} \times \text{panjang} \\ &= 0,0525 \times 37,7 = 1,97925 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Sehingga diperoleh volume total kanopi tipe 3, yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \text{Volume dari gambar 4.7} + \text{Volume dari gambar 4.8} \\ &\quad + \text{Volume dari gambar 4.9} + \text{Volume dari gambar 4.10} \\ &= 3,29175 + 3,6015 + 3,0765 + 1,97925 \\ &= 11,949 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan volume kanopi tipe 1, 2 dan 3.

Maka, diperoleh total volume kanopi, yaitu:

Volume = volume kanopi 1 + volume kanopi 2 + volume  
kanopi 3

$$= 23,60832 + 5,25504 + 11,949$$

$$= 40,81236 \text{ m}^3$$



c. Volume pekerjaan plafond gypsum rangka hollow

Pada pekerjaan Pembangunan Gedung Ruang Arsip dan Ruang Serbaguna Unit Hidrologi Tahap II ini, volume pekerjaan plafond yang dikerjakan hanya meliputi:

1. Volume pekerjaan plafond gypsum rangka hollow area ruang serbaguna

Dari gambar 4.14 diperoleh panjang dan lebar ruang area serbaguna, yaitu:

- Panjang (PLy1) = 15 m
- Lebar (PLx1) = 10 m
- Luas ruangan = Luas plafond

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= \text{PLy1} \times \text{PLx1} \\ &= 15 \times 10 \\ &= 150 \text{ m}^2.\end{aligned}$$

2. Volume plafond gypsum rangka hollow Gudang dan Hall

Dari gambar 4.14 diperoleh panjang dan lebar ruangan gudang dan hall, yaitu:

- Ruang Hall:

$$\text{Panjang (PLy2)} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Lebar (PLx2)} = 5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas ruangan} &= \text{PLy2} \times \text{PLx2} \\ &= 5 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 25 \text{ m}^2\end{aligned}$$

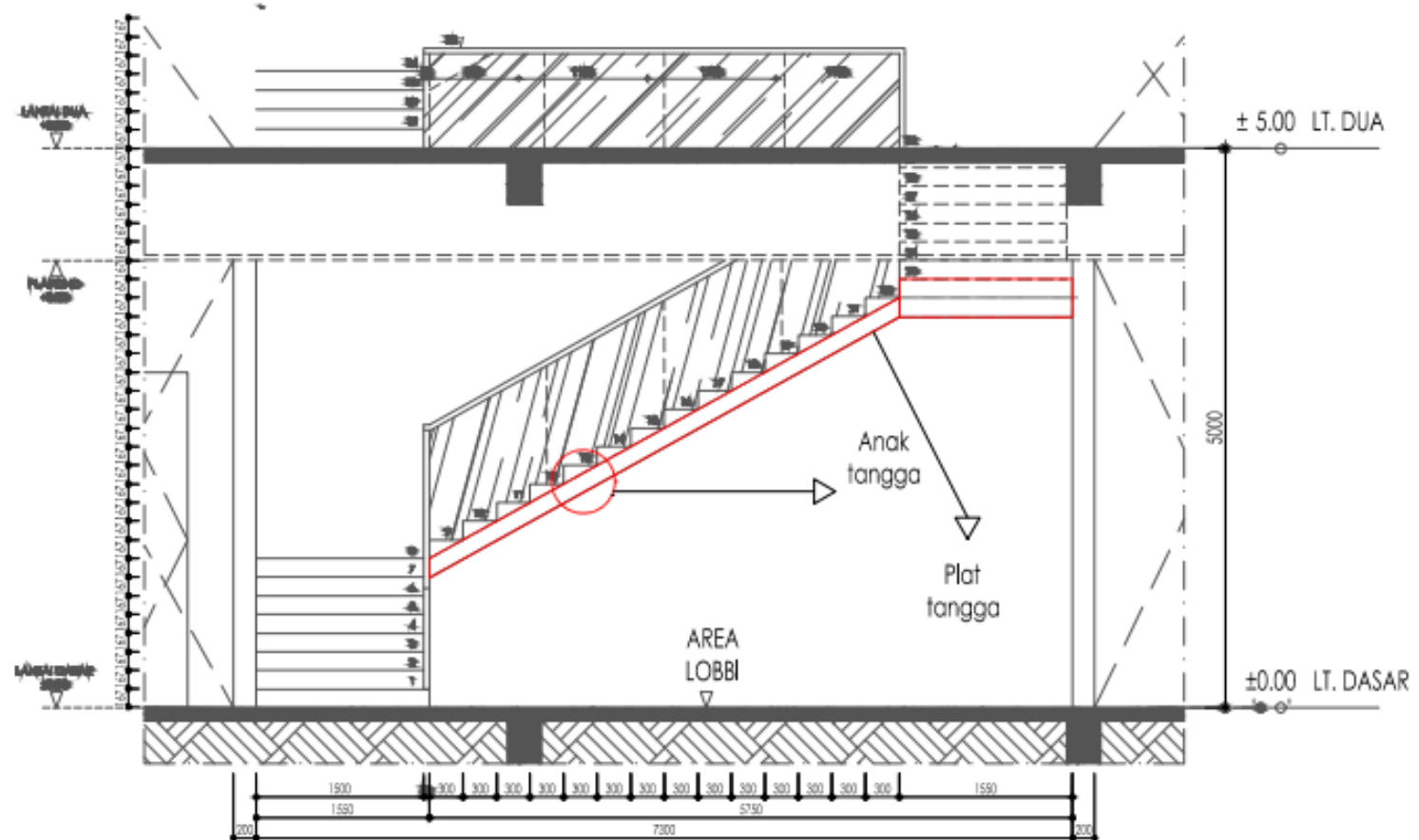
- Gudang:

$$\text{Panjang (PLy3)} = 5,9 \text{ m}$$

$$\text{Lebar (Plx3)} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Luas ruangan} = 5,9 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 29,5 \text{ m}^2$$

- Luas plafond = Luas ruang Hall + Luas ruang gudang  
 $= 25 + 29,5 = 54,5 \text{ m}^2.$



Gambar 4. 15 Tangga Utama Lantai I  
Skala 1 : 666

d. Volume pekerjaan beton tangga

Volume pekerjaan tangga yang dikerjakan pada Pembangunan Gedung Ruang Arsip dan Ruang Serbaguna Unit Hidrologi Tahap II yaitu volume tangga utama dan volume tangga darurat pada lantai

1. Sehingga perhitungan dibagi menjadi 2 bagian, yaitu:

1. Perhitungan volume beton tangga utama

Perhitungan volume tangga utama dibagi dalam dua bagian perhitungan yaitu:

➤ Perhitungan volume masing-masing anak tangga

Dari gambar 4.15 diketahui:

- Tinggi anak tangga = 0,167 m
- Lebar tangga = 1,550 m
- Jumlah anak tangga = 30

Volume beton =  $\frac{1}{2}$  alas x tinggi x panjang x jumlah anak tangga

$$= (\frac{1}{2} \cdot 0,300 \times 0,167 \times 1,55 \times 30)$$

$$= 1,165 \text{ m}^3$$

➤ Volume plat tangga

$$\text{Panjang sisi miring 1} = \sqrt{2,1^2 + 1,169^2} = 2,4 \text{ m}$$

$$\text{Panjang sisi miring 2} = \sqrt{4,2^2 + 2,338^2} = 4,81 \text{ m}$$

$$\text{Panjang sisi miring 3} = \sqrt{1,8^2 + 1,002^2} = 2,06 \text{ m}$$

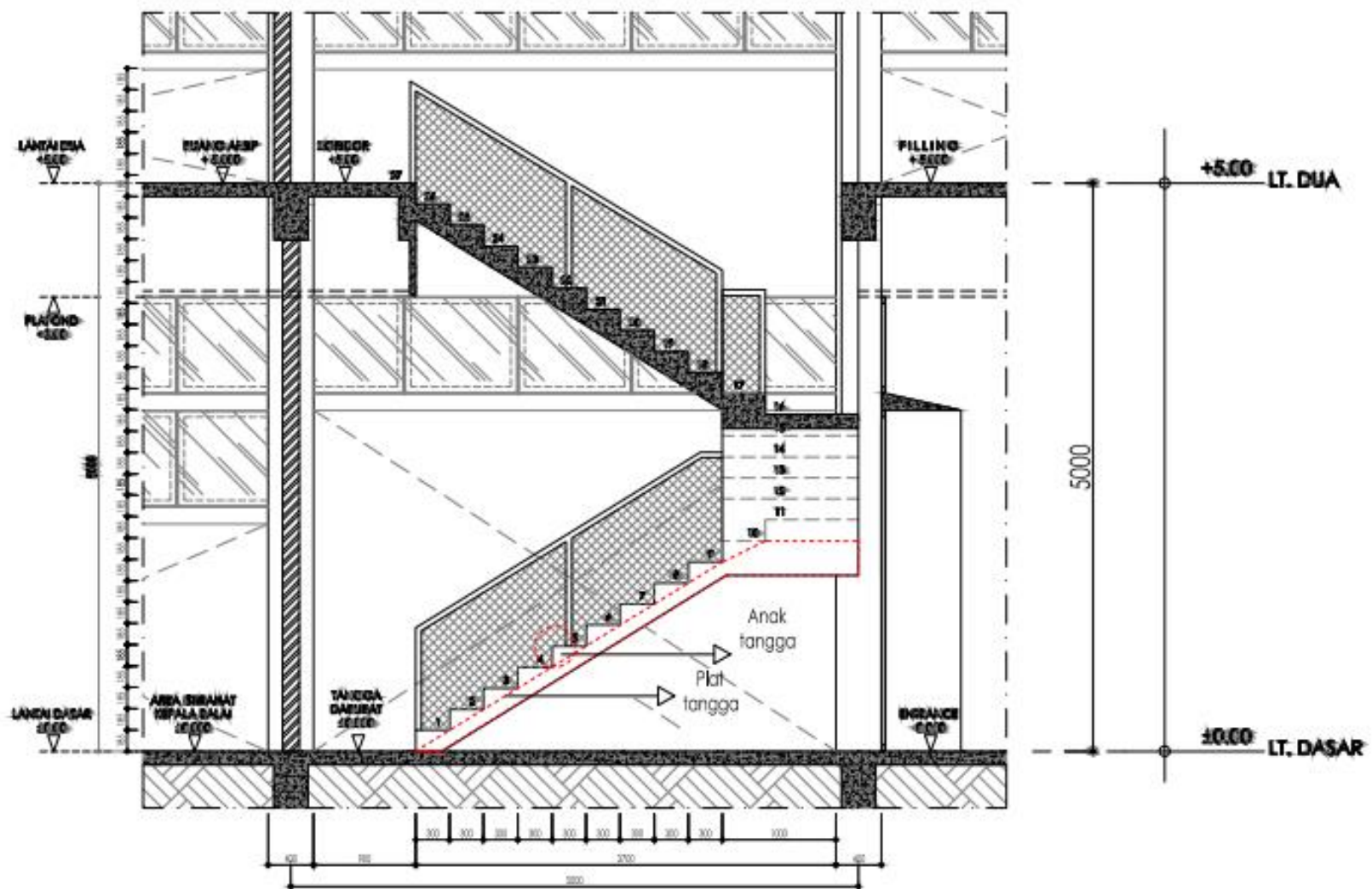
$$\text{Panjang sisi lurus} = 1,575 \text{ m}$$

$$\text{Tebal pelat} = 0,15 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= (2,4 \times 1,55 \times 0,15) + (1,575 \times 1,55 \times 0,15 \times 2) + \\
 &\quad (4,81 \times 1,575 \times 0,15) + (2,06 \times 1,55 \times 0,15) \\
 &= 2,91 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume total tangga utama} &= \text{volume beton anak tangga} + \\
 &\quad \text{volume beton plat beton tangga} \\
 &= 1,165 + 2,91 = 4,075 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$





## 2. Perhitungan volume tangga darurat

Dari gambar 4.16 dapat diketahui:

- Tinggi anak tangga = 0,185 m
- Lebar tangga = 1 m
- Jumlah anak tangga = 27

### ➤ Volume anak tangga

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= (\frac{1}{2} \times 0,300 \times 0,185 \times 1 \times 27) \\ &= 0,74925 \text{ m}^3\end{aligned}$$

### ➤ Volume plat tangga

$$\text{Panjang sisi miring 1} = \sqrt{2,7^2 + 1,665^2} = 3,172 \text{ m}$$

$$\text{Panjang sisi miring 2} = \sqrt{2,8^2 + 1,485^2} = 3,169 \text{ m}$$

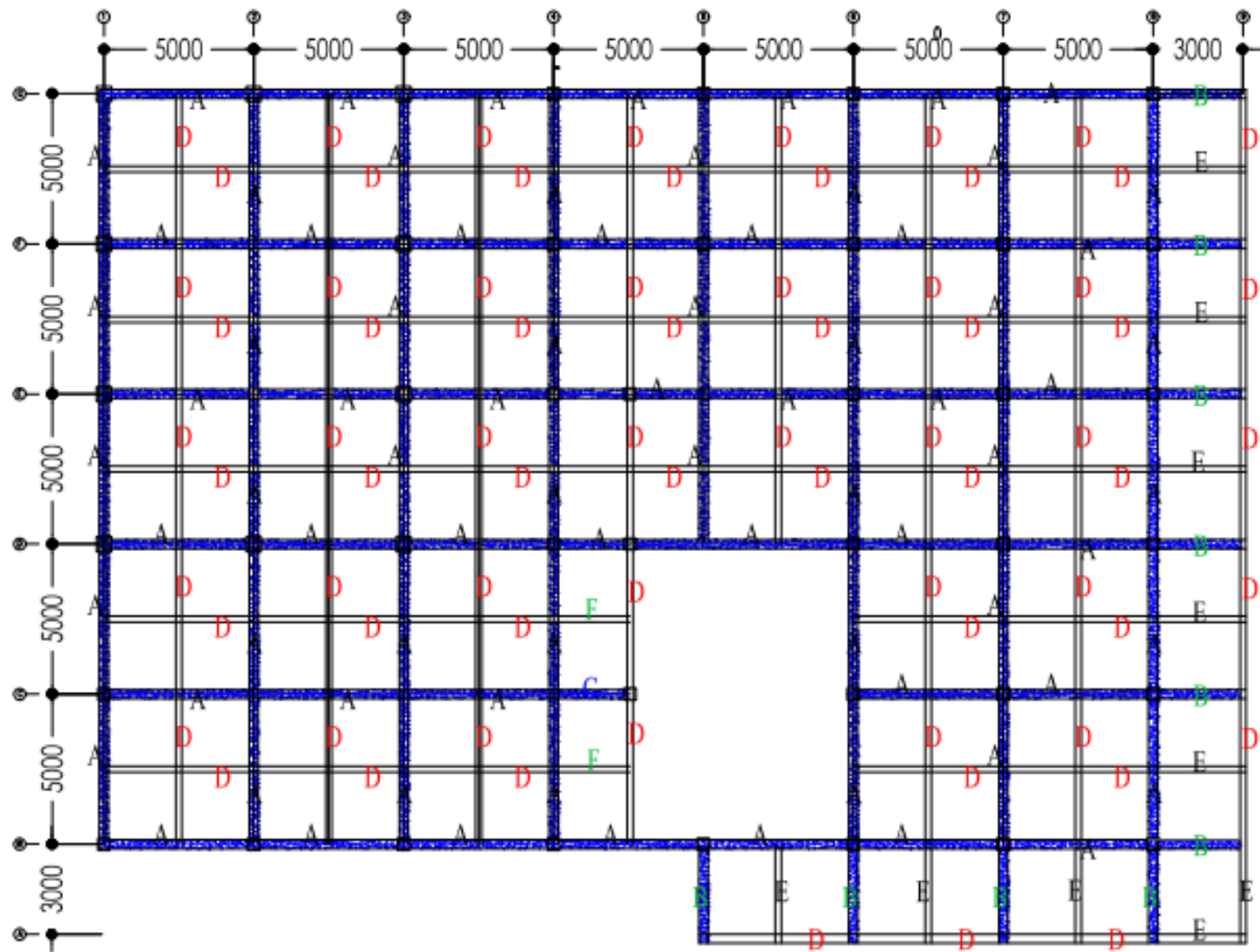
$$\text{Panjang sisi miring 3} = \sqrt{2,7^2 + 1,665^2} = 3,172 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= (3,172 \times 1 \times 0,15 \times 2) + (3,169 \times 1,25 \times 0,15) \\ &= 1,55 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume beton tangga darurat} &= \text{Volume beton anak tangga} + \\ &\quad \text{volume beton plat tangga} \\ &= 0,74925 + 1,55 = 2,85 \text{ m}^3\end{aligned}$$

## 3. Total volume beton tangga

$$\begin{aligned}\text{Volume total} &= \text{Volume total beton tangga utama} + \text{Volume total} \\ &\quad \text{beton tangga darurat} \\ &= 4,075 + 2,85 = 6,925 \text{ m}^3\end{aligned}$$



Gambar 4.17 Denah Balok Lantai 2

Keterangan :

Balok B1

=



Balok B2

=



Segmen Balok B1 bentang 5 m = A

Segmen Balok B1 bentang 3 m = B

Segmen Balok B1 bentang 2,5 m = C

Segmen Balok B2 bentang 5 m = D

Segmen Balok B2 bentang 3 m = E

Segmen Balok B2 bentang 2,5 m = F

## 2. Volume Pekerjaan pada lantai 2

Volume pekerjaan lantai 2 yang dikerjakan dalam pelaksanaan pembangunan gedung ruang arsip dan ruang serbaguna balai sarana dan prasarana unit hidrologi tahap 2, yaitu:

### a. Volume pekerjaan Balok

#### 1. Balok B1

Dari data proyek diperoleh, data sebagai berikut:

##### ➤ Dimensi Balok

Lebar balok (b) = 30 cm = 0,3 m

Tinggi balok (h) = 60 cm = 0,6 m

##### ➤ Perhitungan Volume Beton Balok B1

Berdasarkan gambar 4.17, diketahui panjang balok B1 terdiri dari 3 segmen balok, yaitu:

##### ● Segmen A

Panjang per segmen = 5 m

Jumlah segmen = 78 buah

Volume beton balok = lebar balok x tinggi balok x panjang balok

$$= 0,3 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 78 \text{ buah}$$

$$= 70,2 \text{ m}^3$$

##### ● Segmen B

Panjang per segmen = 3 m

Jumlah segmen = 10 buah

Volume beton balok = 0,3 m x 0,6 m x 3 m x 10 buah

$$= 5,4 \text{ m}^3$$

- Segmen C

Panjang per segmen = 2,5 m

Jumlah segmen = 1 buah

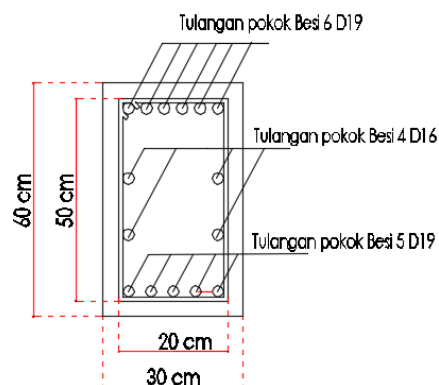
Volume beton balok = 0,3 m x 0,6 m x 2,5 m  
= 0,45 m<sup>3</sup>

Dari 3 segmen tersebut didapatkan total volume beton balok

B1, yaitu:

Volume beton balok B1 = Volume beton segmen A + volume beton  
segmen B + volume beton segmen C  
= 70,2 m<sup>3</sup> + 5,4 m<sup>3</sup> + 0,45 m<sup>3</sup>  
= 76,05 m<sup>3</sup>

➤ Perhitungan pembesian balok B1

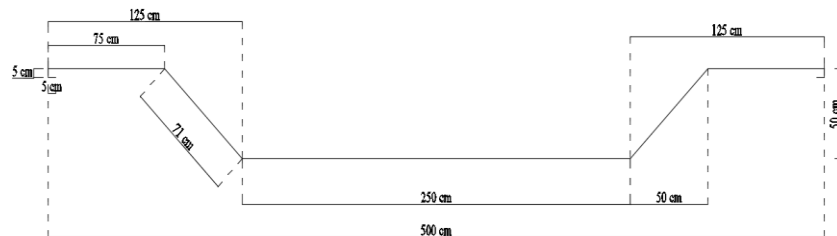


**Gambar 4.18** Detail Tulangan Balok B1

Dari gambar rencana tulangan balok seperti pada gambar 4.18 dilakukan perhitungan pembesian sebagai berikut:

- Pembesian tulangan pokok balok B1

#### Tulangan Pokok Segmen A



**Gambar 4.19** Detail panjang besi tulangan pokok bengkokan segmen A

Dari gambar 4.19 diperoleh:

$$\begin{aligned}\text{Panjang 1 tulangan} &= 5 + 5 + 75 + 71 + 250 + 71 + 75 + 5 + 5 \\ &= 562 \text{ cm} = 5,62 \text{ m}\end{aligned}$$

Rencana pembesian:

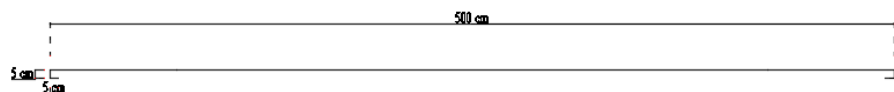
Banyak tulangan bengkokan = 4 buah

$$\begin{aligned}\text{Panjang besi} &= \text{panjang 1 tulangan} \times \text{banyak tulangan} \\ &= 5,62 \text{ m} \times 4 \text{ buah} = 22,48 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\text{Diameter} = 19 \text{ mm}$$

Berat besi D19 per 1 m = 2,23 kg/m (*Tabel SNI 2052-2014 hal 4*)

$$\begin{aligned}\text{Berat besi bengkokan} &= \text{panjang besi} \times \text{berat besi D19 per 1m} \\ &= 22,48 \text{ m} \times 2,230 \text{ kg/m} \\ &= 50,13 \text{ kg}\end{aligned}$$



**Gambar 4.20** Panjang tulangan pokok lurus segmen A

Dari gambar 4.20, diperoleh:

$$\text{Panjang 1 tulangan} = 5 + 5 + 500 + 5 + 5 = 520 \text{ cm} = 5,2 \text{ m}$$

Rencana pembesian:

$$\text{Banyak tulangan lurus} = 11 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang besi} &= \text{panjang 1 tulangan} \times \text{banyak tulangan} \\ &= 5,2 \times 11 = 57,20 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\text{Diameter besi} = 19 \text{ mm}$$

$$\text{Berat besi D19 per 1 m} = 2,23 \text{ kg/m (Tabel SNI 2052-2014 hal 4)}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat besi tulangan lurus} &= \text{panjang besi} \times \text{berat besi per 1 m} \\ &= 57,20 \text{ m} \times 2,230 \text{ kg/m} \\ &= 127,556 \text{ kg}\end{aligned}$$

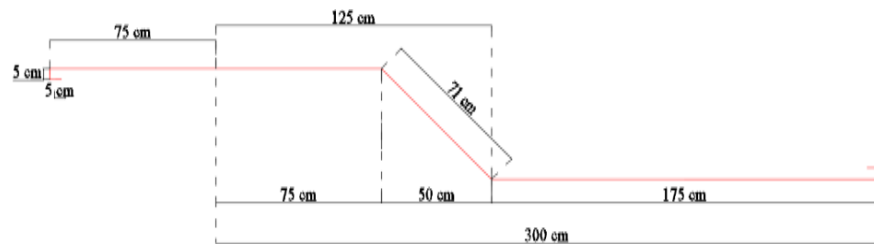
Sehingga, diperoleh berat besi tulangan pokok satu buah segmen A, yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Berat besi persegmen} &= \text{berat besi tulangan pokok bengkokan} + \\ &\quad \text{berat besi tulangan pokok lurus} \\ &= 50,13 \text{ kg} + 127,556 \text{ kg} \\ &= 177,686 \text{ kg}\end{aligned}$$

Berdasarkan gambar 4.17 diperoleh jumlah segmen A = 78 buah. Sehingga total berat besi, yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Berat besi tulangan pokok} &= \text{berat besi per segmen} \times \text{jumlah segmen} \\ &= 177,686 \text{ kg} \times 78 \text{ buah} \\ &= 13859,508 \text{ kg}\end{aligned}$$

### Tulangan pokok segmen B



**Gambar 4.21** Detail panjang tulangan pokok bengkokan segmen B

Dari gambar 4.21, diperoleh:

$$\begin{aligned}\text{Panjang 1 tulangan} &= 5 + 5 + 75 + 75 + 71 + 175 + 5 + 5 \\ &= 416 \text{ cm} = 4,16 \text{ m}\end{aligned}$$

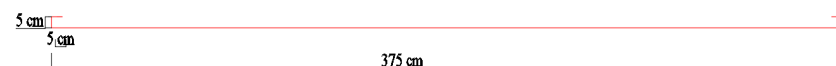
Rencana pembesian:

Banyak tulangan bengkokan = 4 buah

$$\begin{aligned}\text{Panjang besi} &= \text{panjang 1 tulangan} \times \text{banyak tulangan} \\ &= 4,16 \text{ m} \times 4 \text{ buah} = 16,64 \text{ m}\end{aligned}$$

Berat besi D19 per 1 m = 2,23 kg/m (*Tabel SNI 2052-2014 hal 4*)

$$\begin{aligned}\text{Berat besi} &= \text{panjang besi} \times \text{berat besi D19 per 1 m} \\ &= 16,64 \text{ m} \times 2,23 \text{ kg/m} = 37,1072 \text{ kg}\end{aligned}$$



**Gambar 4.22** Panjang Tulangan Pokok lurus segmen B

Dari gambar 4.22, diperoleh:

$$\text{Panjang 1 tulangan} = 5 + 5 + 375 + 5 + 5 = 395 \text{ cm} = 3,95 \text{ m}$$

Rencana pembesian:

Banyak tulangan lurus = 11 buah

$$\begin{aligned}\text{Panjang besi} &= \text{panjang 1 tulangan} \times \text{banyak tulangan} \\ &= 3,95 \text{ m} \times 11 \text{ buah} = 43,45 \text{ m}\end{aligned}$$



Berat besi D19 per 1 m = 2,23 kg/m (*Tabel SNI 2052-2014 hal 4*)

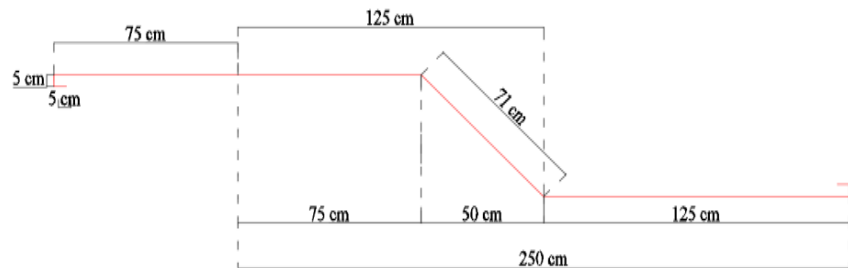
Berat besi = panjang besi x berat besi D19 per 1 m  
= 43,45 m x 2,23 kg/m = 96,8935 kg

Berat besi persegmen = berat besi tulangan pokok bengkokan +  
berat besi tulangan pokok lurus  
= 37,1072 kg + 96,8935 kg  
= 134,0007 kg

Berdasarkan gambar 4.17 diperoleh jumlah segmen B = 10 buah. Sehingga diperoleh total berat pembesian tulangan pokok balok B1 segmen B, yaitu:

Berat besi tulangan pokok = berat besi per segmen x jumlah segmen  
= 134,0007 kg x 10 buah  
= 1340,007 kg

#### Tulangan pokok segmen C



**Gambar 4.23** Detail panjang tulangan pokok bengkokan segmen C

Dari gambar 4.23, diperoleh:

Panjang 1 tulangan = 5 + 5 + 75 + 75 + 71 + 125 + 5 + 5  
= 366 cm = 3,66 m

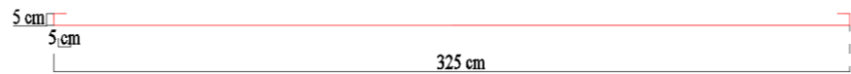
Rencana pembesian:

Banyak tulangan bengkokan = 4 buah

$$\begin{aligned}\text{Panjang besi} &= \text{panjang 1 tulangan} \times \text{banyak tulangan} \\ &= 3,66 \text{ m} \times 4 \text{ buah} = 14,64 \text{ m}\end{aligned}$$

Berat besi D19 per 1 m = 2,23 kg/m (*Tabel SNI 2052-2014 hal 4*)

$$\begin{aligned}\text{Berat besi} &= \text{panjang besi} \times \text{berat besi D19 per 1 m} \\ &= 14,64 \text{ m} \times 2,23 \text{ kg/m} = 32,6472 \text{ kg}\end{aligned}$$



**Gambar 4.24** Panjang Tulangan Pokok lurus segmen C

Dari gambar 4.24, diperoleh:

$$\text{Panjang 1 tulangan} = 5 + 5 + 325 + 5 + 5 = 345 \text{ cm} = 3,45 \text{ m}$$

Rencana pembesian:

Banyak tulangan lurus = 11 buah

$$\begin{aligned}\text{Panjang besi} &= \text{panjang 1 tulangan} \times \text{banyak tulangan} \\ &= 3,45 \text{ m} \times 11 \text{ buah} = 37,95 \text{ m}\end{aligned}$$

Berat besi D19 per 1 m = 2,23 kg/m (*Tabel SNI 2052-2014 hal 4*)

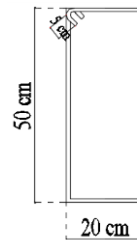
$$\begin{aligned}\text{Berat besi} &= \text{panjang besi} \times \text{berat besi D19 per 1 m} \\ &= 37,95 \text{ m} \times 2,23 \text{ kg/m} = 84,6285 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat besi persegmen} &= \text{berat besi tulangan pokok bengkokan} + \\ &\quad \text{berat besi tulangan pokok lurus} \\ &= 32,6472 \text{ kg} + 84,6285 \text{ kg} \\ &= 117,2757 \text{ kg}\end{aligned}$$

Berdasarkan gambar 4.17 diperoleh jumlah segmen C = 1 buah. Sehingga diperoleh total berat pembesian tulangan pokok balok segmen C, yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{Berat besi tulangan pokok} &= \text{berat besi per segmen} \times \text{jumlah segmen} \\
 &= 117,2757 \text{ kg} \times 1 \text{ buah} \\
 &= 117,2757 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Pembesian tulangan sengkang balok B1

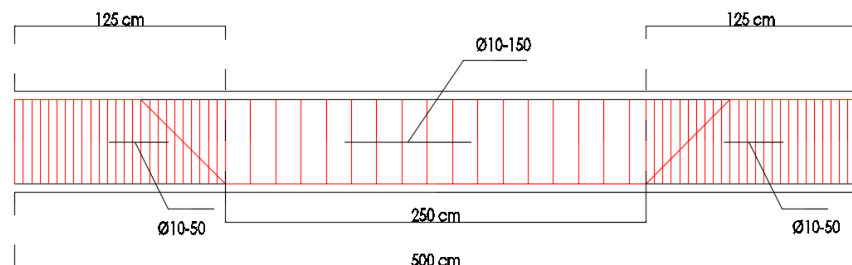


**Gambar 4.25** Panjang tulangan sengkang balok B1

Dari gambar 4.25, diperoleh:

$$\text{Panjang 1 sengkang} = 5 + 20 + 50 + 20 + 5 = 150 \text{ cm} = 1,5 \text{ m}$$

Tulangan sengkang segmen A



**Gambar 4.26** Detail jarak antar tulangan sengkang segmen A

Dari gambar 4.26, diperoleh:

Area 125 cm, jarak antar tulangan = Ø10-50

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan} &= \left( \frac{\text{Area}}{\text{jarak antar tulangan}} \right) + 1 \\
 &= \left( \frac{125 \text{ cm}}{5 \text{ cm}} \right) + 1 = 26 \text{ buah} \\
 &= 26 \times 2 = 52 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Area 250 cm, jarak antar tulangan = Ø10-150

$$\begin{aligned}\text{Jumlah tulangan} &= \left( \frac{\text{Area}}{\text{jarak antar tulangan}} \right) + 1 \\ &= \left( \frac{250 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} \right) + 1 = 17,66 \text{ buah} \approx 18 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang besi} &= (\text{jumlah tulangan area } 125 \text{ cm} + \text{jumlah} \\ &\quad \text{tulangan area } 250 \text{ cm}) \times \text{panjang } 1 \text{ sengkang} \\ &= (52 \text{ buah} + 18 \text{ buah}) \times 1,50 \text{ m} = 105 \text{ m}\end{aligned}$$

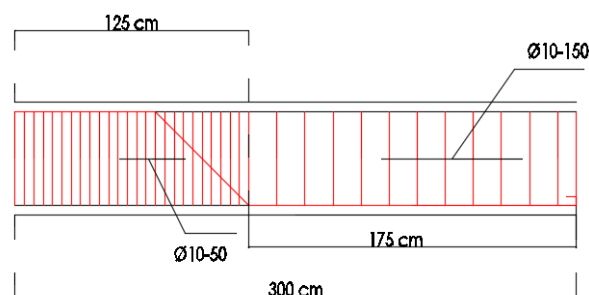
Berat besi D10 per 1 m = 0,617 kg/m (*Tabel SNI 2052-2014 hal 4*)

Dari gambar 4.17, diperoleh jumlah segmen A = 78 buah.

Sehingga,

$$\begin{aligned}\text{Berat besi sengkang} &= \text{panjang besi} \times \text{berat besi D10 per } 1 \text{ m} \\ &\quad \times \text{jumlah segmen A} \\ &= 105 \text{ m} \times 0,617 \text{ kg/m} \times 78 \text{ buah} \\ &= 5053,23 \text{ kg}\end{aligned}$$

#### Tulangan sengkang segmen B



**Gambar 4.27** Detail jarak antar tulangan sengkang segmen B

Dari gambar 4.27, diketahui:

Area 125 cm, jarak antar tulangan = Ø10-50

$$\begin{aligned}\text{Jumlah tulangan} &= \left( \frac{\text{Area}}{\text{jarak antar tulangan}} \right) + 1 \\ &= \left( \frac{125 \text{ cm}}{5 \text{ cm}} \right) + 1 = 26 \text{ buah}\end{aligned}$$

Area 175 cm, jarak antar tulangan = Ø10-150

$$\begin{aligned}\text{Jumlah tulangan} &= \left( \frac{\text{Area}}{\text{jarak antar tulangan}} \right) + 1 \\ &= \left( \frac{175 \text{ cm}}{5 \text{ cm}} \right) + 1 = 12,6 \text{ buah} \approx 13 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang besi} &= (\text{jumlah tulangan area 125 cm} + \text{jumlah} \\ &\quad \text{tulangan area 175 cm}) \times \text{panjang 1 sengkang} \\ &= (26 \text{ buah} + 13 \text{ buah}) \times 1,50 \text{ m} = 58,5 \text{ m}\end{aligned}$$

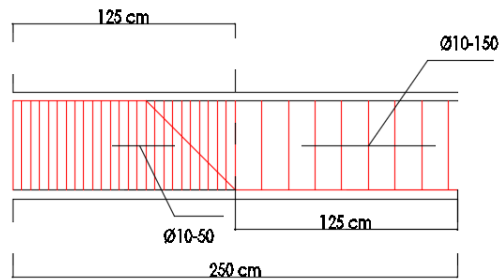
Berat besi D10 per 1 m = 0,617 kg/m (*Tabel SNI 2052-2014 hal 4*)

Dari gambar 4.17, diperoleh jumlah segmen B = 10 buah.

Sehingga,

$$\begin{aligned}\text{Berat besi sengkang} &= \text{panjang besi} \times \text{berat besi D10 per 1 m} \\ &\quad \times \text{jumlah segmen B} \\ &= 58,5 \text{ m} \times 0,617 \text{ kg/m} \times 10 \text{ buah} \\ &= 360,945 \text{ kg}\end{aligned}$$

### Tulangan sengkang segmen C



**Gambar 4.28** Detail jarak antar tulangan sengkang segmen C

Dari gambar 4.28 diketahui:

Area 125 cm, jarak antar tulangan = Ø10-50

$$\begin{aligned}\text{Jumlah tulangan} &= \left( \frac{\text{Area}}{\text{jarak antar tulangan}} \right) + 1 \\ &= \left( \frac{125 \text{ cm}}{5 \text{ cm}} \right) + 1 = 26 \text{ buah}\end{aligned}$$

Area 175 cm, jarak antar tulangan = Ø10-150

$$\begin{aligned}\text{Jumlah tulangan} &= \left( \frac{\text{Area}}{\text{jarak antar tulangan}} \right) + 1 \\ &= \left( \frac{125 \text{ cm}}{5 \text{ cm}} \right) + 1 = 9,33 \text{ buah} \approx 10 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang besi} &= (\text{jumlah tulangan area } 125 \text{ cm} + \text{jumlah} \\ &\quad \text{tulangan area } 125 \text{ cm}) \times \text{panjang } 1 \text{ sengkang} \\ &= (26 \text{ buah} + 10 \text{ buah}) \times 1,50 \text{ m} = 54 \text{ m}\end{aligned}$$

Berat besi D10 per 1 m = 0,617 kg/m (*Tabel SNI 2052-2014 hal 4*)

Dari gambar 4.17, diperoleh jumlah segmen C = 1 buah.

Sehingga,

$$\begin{aligned}
\text{Berat besi sengkang} &= \text{panjang besi} \times \text{berat besi D10 per 1 m} \\
&\quad \times \text{jumlah segmen C} \\
&= 54 \text{ m} \times 0,617 \text{ kg/m} \times 1 \text{ buah} \\
&= 33,318 \text{ kg}
\end{aligned}$$

- Berat total pembesian balok B1

Berat besi = (Berat besi tulangan pokok segmen A + Berat besi tulangan

tulangan pokok segmen B + Berat besi tulangan pokok segmen C) + (Berat tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
&\text{segmen A} + \text{Berat tulangan sengkang segmen B} + \\
&\text{Berat tulangan sengkang segmen C}) \\
&= (13859,508 \text{ kg} + 1340,007 \text{ kg} + 117,2757 \text{ kg}) + \\
&\quad (5053,23 \text{ kg} + 360,945 \text{ kg} + 33,318 \text{ kg}) \\
&= 20764,2837 \text{ kg}
\end{aligned}$$

## 2. Balok B2

Dari data proyek diperoleh, data sebagai berikut:

### ➤ Dimensi balok B2

$$\text{Lebar balok (b)} = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi balok (h)} = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$$

### ➤ Perhitungan volume beton balok B2

Berdasarkan gambar 4.17, diketahui panjang balok B2 terdiri dari 3 segmen balok, yaitu:

- Segmen D

$$\text{Panjang per segmen} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah segmen} = 72 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume beton balok} &= \text{lebar balok} \times \text{tinggi balok} \times \text{panjang balok} \\ &= 0,2 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 72 \text{ buah} \\ &= 28,8 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Segmen E

$$\text{Panjang per segmen} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah segmen} = 10 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume beton balok} &= 0,2 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 10 \text{ buah} \\ &= 2,4 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Segmen F

$$\text{Panjang per segmen} = 2,5 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah segmen} = 2 \text{ buah}$$

$$\text{Volume beton balok} = 0,2 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 2 \text{ buah} = 0,4 \text{ m}^3$$



Dari 3 segmen tersebut didapatkan total volume beton balok

B2, yaitu:

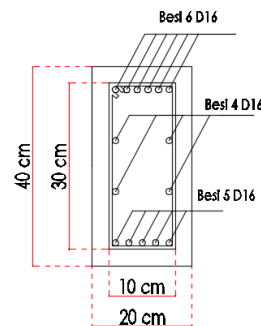
Volume beton balok B2 = Volume beton segmen D + volume beton

segmen E + volume beton segmen F

$$= 28,8 \text{ m}^3 + 2,4 \text{ m}^3 + 0,4 \text{ m}^3$$

$$= 31,6 \text{ m}^3$$

➤ Perhitungan pembesian balok B2

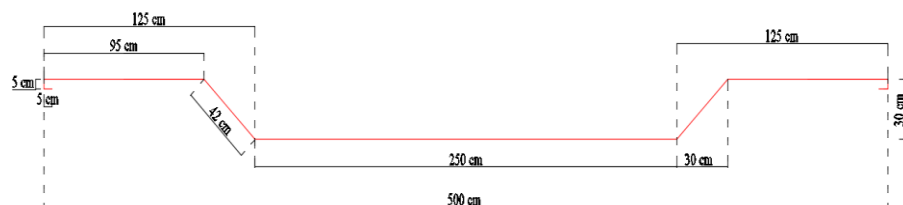


**Gambar 4.29** Detail tulangan balok B2

Dari gambar rencana tulangan balok seperti pada gambar 4.29 dilakukan perhitungan pembesian, sebagai berikut:

- Pembesian tulangan pokok balok B2

Tulangan Pokok Segmen D



**Gambar 4.30** Detail panjang besi tulangan pokok bengkokan segmen D

Dari gambar 4.30, diperoleh:

$$\text{Panjang 1 tulangan} = 5 + 5 + 95 + 42 + 250 + 42 + 95 + 5 + 5$$

$$= 544 \text{ cm} = 5,44 \text{ m}$$

Rencana pembesian:

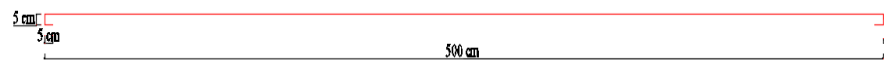
Banyak tulangan bengkokan = 4 buah

$$\begin{aligned}\text{Panjang besi} &= \text{panjang 1 tulangan} \times \text{banyak tulangan} \\ &= 5,44 \text{ m} \times 4 = 21,76 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\text{Diameter besi} = 16 \text{ mm}$$

Berat besi D16 per 1 m = 1,58 kg/m (*Tabel SNI 2052-2014 hal 4*)

$$\begin{aligned}\text{Berat besi bengkokan} &= \text{panjang besi} \times \text{berat besi D16 per 1 m} = \\ &21,76 \text{ m} \times 1,58 \text{ kg/m} \\ &= 34,381 \text{ kg}\end{aligned}$$



**Gambar 4.31** Panjang tulangan pokok lurus segmen D

Dari gambar 4.31, diperoleh:

$$\text{Panjang 1 tulangan} = 5 + 5 + 500 + 5 + 5 = 520 \text{ cm} = 5,2 \text{ m}$$

Rencana pembesian:

Banyak tulangan lurus = 11 buah

$$\text{Panjang besi} = 5,2 \text{ m} \times 11 \text{ buah} = 57,20 \text{ m}$$

$$\text{Diameter besi} = 16 \text{ mm}$$

Berat besi D16 per 1 m = 1,58 kg/m (*Tabel SNI 2052-2014 hal 4*)

$$\begin{aligned}\text{Berat besi tulangan lurus} &= \text{panjang besi} \times \text{berat besi per 1 m} \\ &= 57,20 \text{ m} \times 1,58 \text{ kg/m} \\ &= 90,376 \text{ kg}\end{aligned}$$

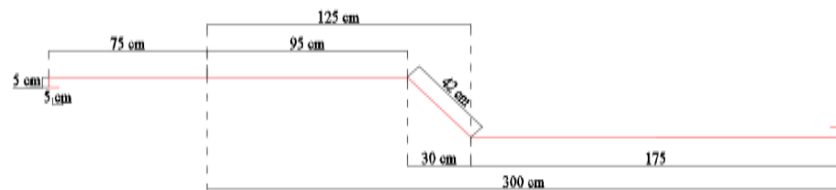
Sehingga, diperoleh berat besi tulangan pokok satu buah segmen D, yaitu:

$$\begin{aligned}
\text{Berat besi persegmen} &= \text{berat besi tulangan pokok bengkokan} + \\
&\quad \text{berat besi tulangan pokok lurus} \\
&= 34,381 \text{ kg} + 90,376 \text{ kg} = 124,757 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Berdasarkan gambar 4.17 diperoleh jumlah segmen D = 72 buah. Sehingga total berat besi, yaitu:

$$\begin{aligned}
\text{Berat besi tulangan pokok} &= \text{berat besi per segmen} \times \text{jumlah segmen} \\
&= 124,757 \text{ kg} \times 72 \text{ buah} \\
&= 8982,504 \text{ kg}
\end{aligned}$$

#### Tulangan pokok segmen E



**Gambar 4.32** Detail panjang tulangan pokok bengkokan segmen E

Dari gambar 4.32, diperoleh:

$$\begin{aligned}
\text{Panjang 1 tulangan} &= 5 + 5 + 75 + 95 + 42 + 175 + 5 + 5 \\
&= 407 \text{ cm} = 4,07 \text{ m}
\end{aligned}$$

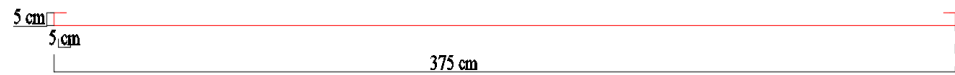
Rencana pembesian:

Banyak tulangan bengkokan = 4 buah

$$\begin{aligned}
\text{Panjang besi} &= \text{panjang 1 tulangan} \times \text{banyak tulangan} \\
&= 4,07 \text{ m} \times 4 \text{ buah} = 16,28 \text{ m}
\end{aligned}$$

Berat besi D16 per 1 m = 1,58 kg/m (*Tabel SNI 2052-2014 hal 4*)

$$\begin{aligned}
\text{Berat besi} &= \text{panjang besi} \times \text{berat besi D16 per 1 m} \\
&= 16,28 \text{ m} \times 1,58 \text{ kg/m} = 25,7224 \text{ kg}
\end{aligned}$$



**Gambar 4.33** Panjang Tulangan Pokok lurus segmen E

Dari gambar 4.33, diperoleh:

$$\text{Panjang 1 tulangan} = 5 + 5 + 375 + 5 + 5 = 395 \text{ cm} = 3,95 \text{ m}$$

Rencana pembesian:

$$\text{Banyak tulangan lurus} = 11 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang besi} &= \text{panjang 1 tulangan} \times \text{banyak tulangan} \\ &= 3,95 \text{ m} \times 11 \text{ buah} = 43,45 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Berat besi D16 per 1 m} = 1,58 \text{ kg/m (Tabel SNI 2052-2014 hal 4)}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat besi} &= \text{panjang besi} \times \text{berat besi D16 per 1 m} \\ &= 43,45 \text{ m} \times 1,58 \text{ kg/m} = 68,651 \text{ kg} \end{aligned}$$

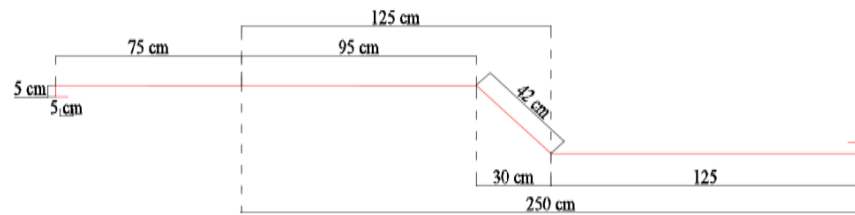
$$\begin{aligned} \text{Berat besi persegmen} &= \text{berat besi tulangan pokok bengkokan} + \\ &\quad \text{berat besi tulangan pokok lurus} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 25,7224 \text{ kg} + 68,651 \text{ kg} \\ &= 94,3734 \text{ kg} \end{aligned}$$

Berdasarkan gambar 4.17 diperoleh jumlah segmen E = 10 buah. Sehingga diperoleh total berat pembesian tulangan pokok balok segmen E, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Berat besi tulangan pokok} &= \text{berat besi per segmen} \times \text{jumlah segmen} \\ &= 94,3734 \text{ kg} \times 10 \text{ buah} \\ &= 943,734 \text{ kg} \end{aligned}$$

### Tulangan pokok segmen F



**Gambar 4.34** Detail panjang tulangan pokok bengkokan segmen F

Dari gambar 4.34, diperoleh:

$$\begin{aligned}\text{Panjang 1 tulangan} &= 5 + 5 + 75 + 95 + 42 + 125 + 5 + 5 \\ &= 357 \text{ cm} = 3,57 \text{ m}\end{aligned}$$

Rencana pembesian:

Banyak tulangan bengkokan = 4 buah

$$\begin{aligned}\text{Panjang besi} &= \text{panjang 1 tulangan} \times \text{banyak tulangan} \\ &= 3,57 \text{ m} \times 4 \text{ buah} = 14,28 \text{ m}\end{aligned}$$

Berat besi D16 per 1 m = 1,58 kg/m (*Tabel SNI 2052-2014 hal 4*)

$$\begin{aligned}\text{Berat besi} &= \text{panjang besi} \times \text{berat besi D16 per 1 m} \\ &= 14,28 \text{ m} \times 1,58 \text{ kg/m} = 22,5624 \text{ kg}\end{aligned}$$



**Gambar 4.35** Panjang Tulangan Pokok lurus segmen F

Dari gambar 4.35, diperoleh:

$$\text{Panjang 1 tulangan} = 5 + 5 + 325 + 5 + 5 = 345 \text{ cm} = 3,45 \text{ m}$$

Rencana pembesian:

Banyak tulangan lurus = 11 buah

$$\begin{aligned}\text{Panjang besi} &= \text{panjang 1 tulangan} \times \text{banyak tulangan} \\ &= 3,45 \text{ m} \times 11 \text{ buah} = 37,95 \text{ m}\end{aligned}$$

Berat besi D16 per 1 m = 1,58 kg/m (*Tabel SNI 2052-2014 hal 4*)

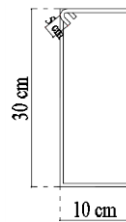
$$\begin{aligned}\text{Berat besi} &= \text{panjang besi} \times \text{berat besi D16 per 1 m} \\ &= 37,95 \text{ m} \times 1,58 \text{ kg/m} = 59,961 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat besi persegmen} &= \text{berat besi tulangan pokok bengkokan} + \\ &\quad \text{berat besi tulangan pokok lurus} \\ &= 22,5624 \text{ kg} + 59,961 \text{ kg} \\ &= 82,5234 \text{ kg}\end{aligned}$$

Berdasarkan gambar 4.17 diperoleh jumlah segmen  $F = 2$  buah. Sehingga diperoleh total berat pembesian tulangan pokok balok segmen F, yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Berat besi tulangan pokok} &= \text{berat besi per segmen} \times \text{jumlah segmen} \\ &= 82,5234 \text{ kg} \times 2 \text{ buah} \\ &= 165,0468 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Pembesian tulangan sengkang balok B2

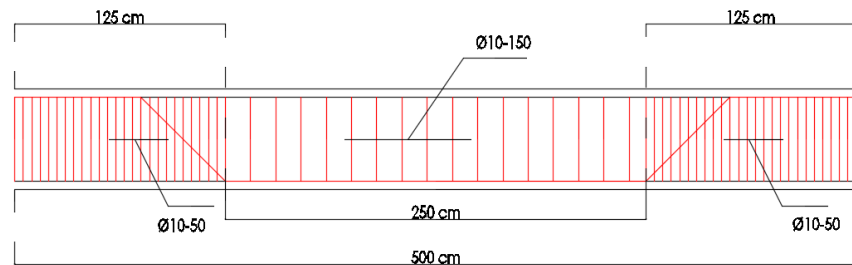


**Gambar 4.36** Panjang tulangan sengkang balok B2

Dari gambar 4.36, diperoleh:

$$\text{Panjang 1 sengkang} = 5 + 10 + 30 + 10 + 30 + 5 = 90 \text{ cm} = 0,9 \text{ m}$$

### Tulangan sengkang segmen D



**Gambar 4.37** Detail jarak antar tulangan sengkang segmen D

Dari gambar 4.37, diperoleh:

Area 125 cm, jarak antar tulangan = Ø10-50

$$\begin{aligned}\text{Jumlah tulangan} &= \left( \frac{\text{Area}}{\text{jarak antar tulangan}} \right) + 1 \\ &= \left( \frac{125 \text{ cm}}{5 \text{ cm}} \right) + 1 = 26 \text{ buah} \\ &= 26 \times 2 = 52 \text{ buah}\end{aligned}$$

Area 250 cm, jarak antar tulangan = Ø10-150

$$\begin{aligned}\text{Jumlah tulangan} &= \left( \frac{\text{Area}}{\text{jarak antar tulangan}} \right) + 1 \\ &= \left( \frac{250 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} \right) + 1 = 17,66 \text{ buah} \approx 18 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang besi} &= (\text{jumlah tulangan area } 125 \text{ cm} + \text{jumlah} \\ &\quad \text{tulangan area } 250 \text{ cm}) \times \text{panjang 1 sengkang} \\ &= (52 \text{ buah} + 18 \text{ buah}) \times 0,9 \text{ m} = 63 \text{ m}\end{aligned}$$

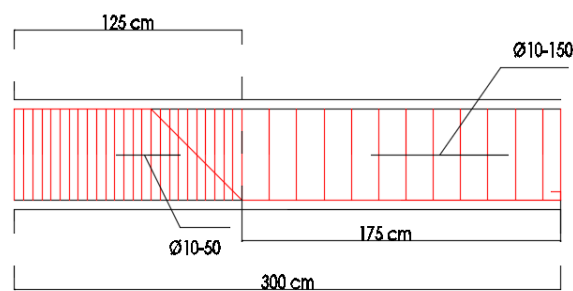
Berat besi D10 per 1 m = 0,617 kg/m (*Tabel SNI 2052-2014 hal 4*)

Dari gambar 4.17, diperoleh jumlah segmen D = 72 buah.

Sehingga, diperoleh:

$$\begin{aligned}
 \text{Berat besi sengkang} &= \text{panjang besi} \times \text{berat besi D10 per 1 m} \\
 &\quad \times \text{jumlah segmen D} \\
 &= 63 \text{ m} \times 0,617 \text{ kg/m} \times 78 \text{ buah} \\
 &= 2798,712 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

#### Tulangan sengkang segmen E



**Gambar 4.38** Detail jarak antar tulangan sengkang segmen E

Dari gambar 4.38, diketahui:

Area 125 cm, jarak antar tulangan = Ø10-50

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan} &= \left( \frac{\text{Area}}{\text{jarak antar tulangan}} \right) + 1 \\
 &= \left( \frac{125 \text{ cm}}{5 \text{ cm}} \right) + 1 = 26 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Area 175 cm, jarak antar tulangan = Ø10-150

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan} &= \left( \frac{\text{Area}}{\text{jarak antar tulangan}} \right) + 1 \\
 &= \left( \frac{175 \text{ cm}}{5 \text{ cm}} \right) + 1 = 12,6 \text{ buah} \approx 13 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang besi} &= (\text{jumlah tulangan area 125 cm} + \text{jumlah} \\
 &\quad \text{tulangan area 175 cm}) \times \text{panjang 1 sengkang} \\
 &= (26 \text{ buah} + 13 \text{ buah}) \times 0,9 \text{ m} = 35,1 \text{ m}
 \end{aligned}$$



Berat besi D10 per 1 m = 0,617 kg/m (*Tabel SNI 2052-2014 hal 4*)

Dari gambar 4.17, diperoleh jumlah segmen E = 10 buah.

Sehingga,

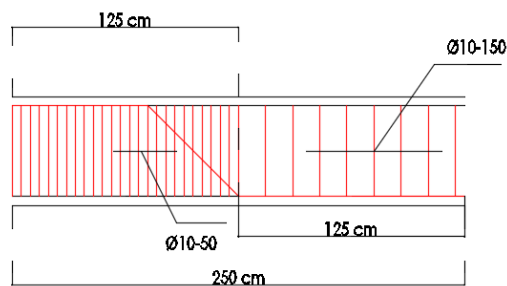
Berat besi sengkang = panjang besi x berat besi D10 per 1 m

x jumlah segmen E

$$= 35,1 \text{ m} \times 0,617 \text{ kg/m} \times 10 \text{ buah}$$

$$= 216,567 \text{ kg}$$

#### Tulangan segmen F



**Gambar 4.39** Detail jarak antar tulangan sengkang segmen F

Dari gambar 4.39, diketahui:

Area 125 cm, jarak antar tulangan = Ø10-50

$$\text{Jumlah tulangan} = \left( \frac{\text{Area}}{\text{jarak antar tulangan}} \right) + 1$$

$$= \left( \frac{125 \text{ cm}}{5 \text{ cm}} \right) + 1 = 26 \text{ buah}$$

Area 175 cm, jarak antar tulangan = Ø10-150

$$\text{Jumlah tulangan} = \left( \frac{\text{Area}}{\text{jarak antar tulangan}} \right) + 1$$

$$= \left( \frac{125 \text{ cm}}{5 \text{ cm}} \right) + 1 = 9,33 \text{ buah} \approx 10 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang besi} &= (\text{jumlah tulangan area } 125 \text{ cm} + \text{jumlah} \\
 &\quad \text{tulangan area } 125 \text{ cm}) \times \text{panjang 1 sengkang} \\
 &= (26 \text{ buah} + 10 \text{ buah}) \times 0,9 \text{ m} = 32,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Berat besi D10 per 1 m = 0,617 kg/m (*Tabel SNI 2052-2014 hal 4*)

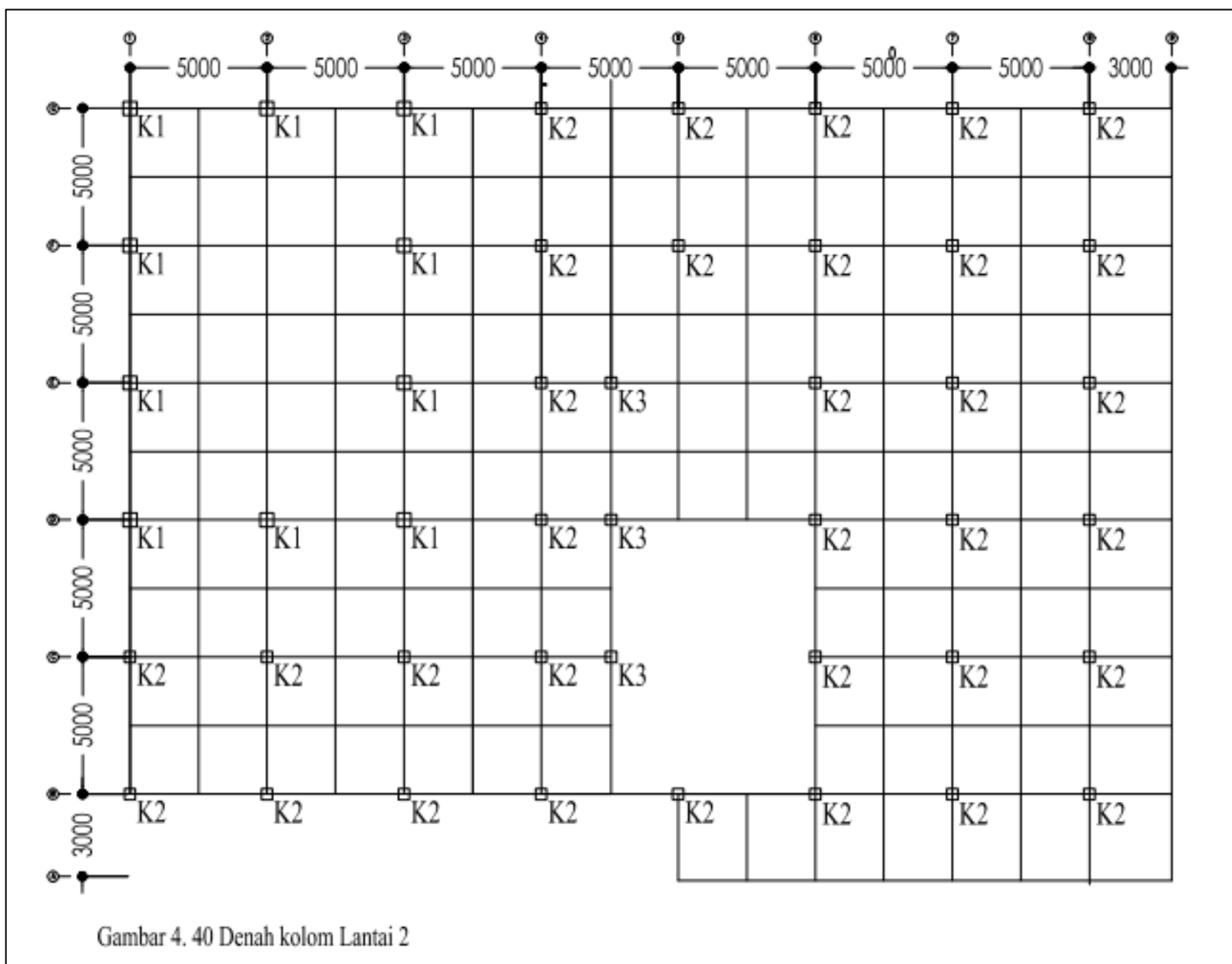
Dari gambar 4.17, diperoleh jumlah segmen F = 2 buah.

Sehingga, diperoleh:

$$\begin{aligned}
 \text{Berat besi sengkang} &= \text{panjang besi} \times \text{berat besi D10 per 1 m} \\
 &\quad \times \text{jumlah segmen F} \\
 &= 32,4 \text{ m} \times 0,617 \text{ kg/m} \times 2 \text{ buah} \\
 &= 39,9816 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Berat total pembesian balok B2

$$\begin{aligned}
 \text{Berat besi} &= (\text{Berat besi tulangan pokok segmen D} + \text{Berat besi} \\
 &\quad \text{tulangan pokok segmen E} + \text{Berat besi tulangan} \\
 &\quad \text{pokok segmen F}) + (\text{Berat tulangan sengkang} \\
 &\quad \text{segmen D} + \text{Berat tulangan sengkang segmen E} + \\
 &\quad \text{Berat tulangan sengkang segmen F}) \\
 &= (8982,504 + 943,734 + 165,0468) + (2798,712 \\
 &\quad + 216,567 + 39,9816) \\
 &= 13146,5454 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



b. Volume pekerjaan kolom

Volume pekerjaan beton kolom K1

Dari data proyek diketahui data dimensi kolom K1, sebagai berikut:

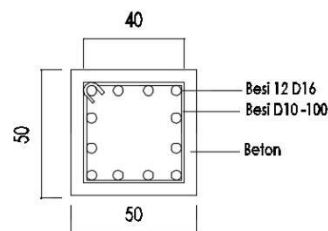
- Lebar (b) = 50 cm = 0,5 m
- Tinggi (h) = 50 cm = 0,5 m
- Panjang kolom (l) = 3,4 m

Dari gambar 4.40 diketahui jumlah kolom K1 berjumlah 10 buah, sehingga diperoleh volume beton kolom K1, yaitu:

Volume beton K1 = lebar x tinggi x panjang kolom x jumlah kolom

$$= 0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 3,4 \text{ m} \times 10 \text{ buah} = 8,50 \text{ m}^3$$

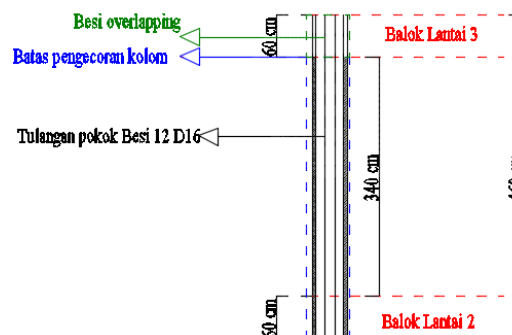
➤ Perhitungan pembesian kolom K1 lantai 2



**Gambar 4.41** Detail tulangan kolom K1

Untuk mendapatkan volume besi kolom K1, yang harus dihitung, yaitu:

a. Kebutuhan besi untuk tulangan pokok diameter 16



**Gambar 4.42** Panjang besi kolom K1

Dari gambar 4.42, didapat:

$$\begin{aligned}\text{Panjang besi kolom} &= 60 \text{ cm} + 340 + 60 \text{ cm} \\ &= 460 \text{ cm} = 4,6 \text{ m}\end{aligned}$$

Rencana pembesian:

Jumlah tulangan pokok = 12 buah

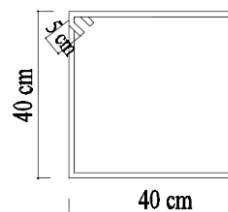
$$\begin{aligned}\text{Panjang besi} &= \text{panjang besi kolom} \times \text{jumlah tulangan pokok} \\ &= 4,6 \text{ m} \times 12 \text{ buah} = 55,2 \text{ m}\end{aligned}$$

Diameter besi tulangan pokok, digunakan besi diameter 16 mm.

Berat besi D16 per 1m = 1,58 kg/m (*Tabel SNI 2052-2014:4*)

$$\begin{aligned}\text{Berat tulangan pokok per kolom} &= \text{Panjang besi} \times \text{Berat besi} \\ &\quad \text{D16 per 1m} \\ &= 55,2 \text{ m} \times 1,58 \text{ kg/m} \\ &= 87,216 \text{ kg}\end{aligned}$$

b. Kebutuhan besi untuk tulangan sengkang diameter 10



**Gambar 4.43** Panjang tulangan sengkang K1

Dari gambar 4.43, diperoleh:

$$\begin{aligned}\text{Panjang 1 sengkang} &= 5 + 40 + 40 + 40 + 40 + 5 \\ &= 170 \text{ cm} = 1,7 \text{ m}\end{aligned}$$

Diameter tulangan sengkang = 10 mm

Jarak antar sengkang = 100 mm = 0,1 m

Berat besi D10 per 1m = 0,617 kg/m (*Tabel SNI 2052-2014:4*)

Berat besi 1 sengkang = panjang 1 sengkang x berat besi D10  
per 1 m

$$= 1,7 \text{ m} \times 0,617 \text{ kg/m} = 1,0489 \text{ kg}$$

Jumlah sengkang dalam 1 kolom:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah sengkang} &= \left( \frac{\text{Panjang kolom untuk sengkang}}{\text{jarak antar sengkang}} \right) + 1 \\ &= \left( \frac{4,6}{0,1} \right) + 1 = 47 \text{ buah} \end{aligned}$$

Sehingga, diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{Berat sengkang per kolom} &= \text{berat 1 sengkang} \times \text{jumlah} \\ &\quad \text{sengkang} \\ &= 1,0489 \text{ kg} \times 47 \text{ buah} \\ &= 49,2983 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Total volume pembesian kolom K1:

$$\begin{aligned} \text{Berat besi per kolom} &= \text{Berat tulangan pokok per kolom} + \\ &\quad \text{berat sengkang per kolom} \\ &= 87,216 \text{ kg} + 49,2983 \text{ kg} \\ &= 136,5143 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari gambar 4.40 diketahui jumlah kolom K1 = 10 buah,  
maka total berat pembesian kolom K1, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Volume pembesian K1} &= \text{Berat besi per kolom} \times \text{jumlah kolom} \\ &= 136,5143 \text{ kg} \times 10 \text{ buah} = 1365,143 \text{ kg} \end{aligned}$$

### Volume pekerjaan beton kolom K2

Dari data proyek diketahui data dimensi kolom K2, sebagai berikut:

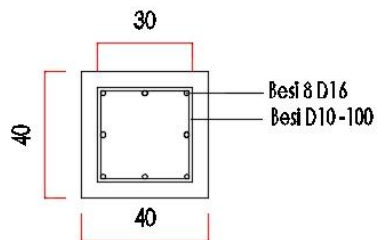
- Lebar (b) = 40 cm = 0,4 m
- Tinggi (h) = 40 cm = 0,4 m
- Panjang (l) = 3,4 m

Dari gambar 4.40 diketahui jumlah kolom K2 berjumlah 33 buah, sehingga diperoleh volume beton kolom K2, yaitu:

Volume beton K1 = lebar x tinggi x panjang kolom x jumlah kolom

$$= 0,4 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \times 3,4 \text{ m} \times 33 \text{ buah} = 17,952 \text{ m}^3$$

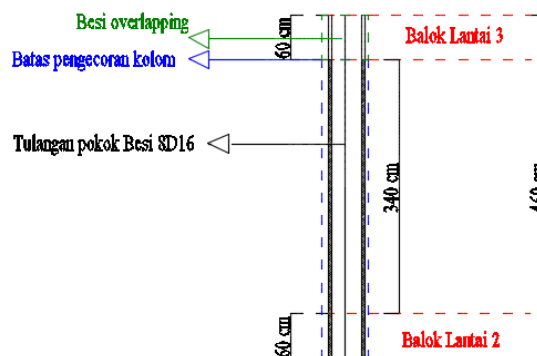
#### ➤ Perhitungan pembesian kolom K2



**Gambar 4.44** Detail tulangan kolom K2

Untuk mendapatkan volume besi kolom K2, yang harus dihitung, yaitu:

- a. Kebutuhan besi untuk tulangan pokok diameter 16



**Gambar 4.45** Panjang besi kolom K2

Dari gambar 4.45, didapat:

$$\begin{aligned}\text{Panjang besi kolom} &= 60 \text{ cm} + 340 + 60 \text{ cm} \\ &= 460 \text{ cm} = 4,6 \text{ m}\end{aligned}$$

Rencana pembesian:

Jumlah tulangan pokok = 8 buah

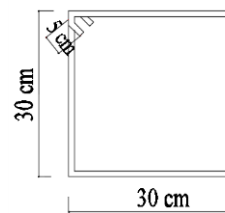
$$\begin{aligned}\text{Panjang besi} &= \text{panjang besi kolom} \times \text{jumlah tulangan pokok} \\ &= 4,6 \text{ m} \times 8 \text{ buah} = 36,8 \text{ m}\end{aligned}$$

Diameter besi tulangan pokok, digunakan besi diameter 16 mm.

Berat besi D16 per 1m = 1,58 kg/m (*Tabel SNI 2052-2014:4*)

$$\begin{aligned}\text{Berat tulangan pokok per kolom} &= \text{Panjang besi} \times \text{Berat besi} \\ &\quad \text{D16 per 1m} \\ &= 36,8 \text{ m} \times 1,58 \text{ kg/m} \\ &= 58,144 \text{ kg}\end{aligned}$$

b. Kebutuhan besi untuk tulangan sengkang diameter 10



**Gambar 4.46** Panjang tulangan sengkang K2

Dari gambar 4.46, diperoleh:

$$\begin{aligned}\text{Panjang 1 sengkang} &= 5 + 30 + 30 + 30 + 30 + 5 \\ &= 130 \text{ cm} = 1,3 \text{ m}\end{aligned}$$

Diameter tulangan = 10 mm



Jarak antar sengkang = 100 mm = 0,1 m

Berat besi D10 per 1m = 0,617 kg/m (*Tabel SNI 2052-2014:4*)

Berat besi 1 sengkang = panjang 1 sengkang x berat besi D10  
per 1 m

$$= 1,3 \text{ m} \times 0,617 \text{ kg/m} = 0,8021 \text{ kg}$$

Jumlah sengkang dalam 1 kolom:

$$\begin{aligned}\text{Jumlah sengkang} &= \left( \frac{\text{Panjang kolom untuk sengkang}}{\text{jarak antar sengkang}} \right) + 1 \\ &= \left( \frac{4,6}{0,1} \right) + 1 = 47 \text{ buah}\end{aligned}$$

Sehingga, diperoleh:

$$\begin{aligned}\text{Berat sengkang per kolom} &= \text{berat 1 sengkang} \times \text{jumlah} \\ &\quad \text{sengkang} \\ &= 0,8021 \text{ kg} \times 47 \text{ buah} \\ &= 37,6987 \text{ kg}\end{aligned}$$

d. Total volume pembesian kolom K2:

$$\begin{aligned}\text{Berat besi per kolom} &= \text{Berat tulangan pokok per kolom} + \\ &\quad \text{berat sengkang per kolom} \\ &= 58,144 \text{ kg} + 37,6987 \text{ kg} \\ &= 95,8427 \text{ kg}\end{aligned}$$

Dari gambar 4.40 diketahui jumlah kolom K2= 33 buah,  
maka total berat pembesian kolom K2, yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Volume pembesian K2} &= \text{Berat besi per kolom} \times \text{jumlah kolom} \\ &= 95,8427 \text{ kg} \times 33 \text{ buah} = 3162,8091 \text{ kg}\end{aligned}$$

### Volume pekerjaan beton kolom K3

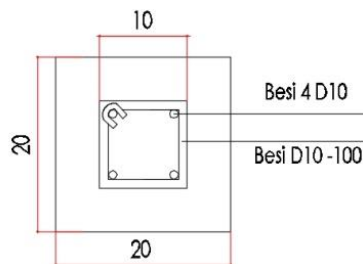
Dari data proyek diketahui data dimensi kolom K3, sebagai berikut:

- Lebar (b) = 20 cm = 0,2 m
- Tinggi (h) = 20 cm = 0,2 m
- Panjang (l) = 3,4 m

Dari gambar 4.40 diketahui jumlah kolom K3 berjumlah 3 buah, sehingga diperoleh volume beton kolom K3, yaitu:

$$\text{Volume} = 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 3,4 \text{ m} \times 3 \text{ buah} = 0,408 \text{ m}^3$$

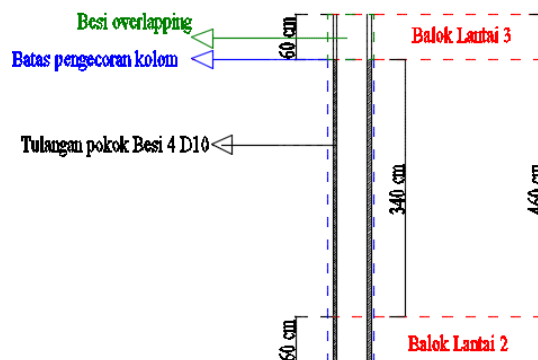
#### ➤ Perhitungan pembesian kolom K3



**Gambar 4.47** Detail tulangan kolom K3

Untuk mendapatkan volume besi kolom K3, yang harus dihitung, yaitu:

- a. Kebutuhan besi untuk tulangan pokok diameter 10 mm



**Gambar 4.48** Panjang besi kolom K3

Dari gambar 4.48, didapat:

$$\begin{aligned}\text{Panjang besi kolom} &= 60 \text{ cm} + 340 + 60 \text{ cm} \\ &= 460 \text{ cm} = 4,6 \text{ m}\end{aligned}$$

Rencana pembesian:

Jumlah tulangan pokok = 4 buah

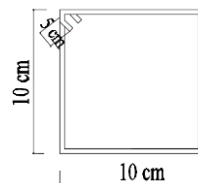
$$\begin{aligned}\text{Panjang besi} &= \text{panjang besi kolom} \times \text{jumlah tulangan pokok} \\ &= 4,6 \text{ m} \times 4 \text{ buah} = 18,4 \text{ m}\end{aligned}$$

Diameter besi tulangan pokok, digunakan besi diameter 10 mm.

Berat besi D10 per 1m = 0,617 kg/m (*Tabel SNI 2052-2014:4*)

$$\begin{aligned}\text{Berat tulangan pokok per kolom} &= \text{Panjang besi} \times \text{Berat besi} \\ &\quad \text{D10 per 1m} \\ &= 18,4 \text{ m} \times 0,617 \text{ kg/m} \\ &= 11,3528 \text{ kg}\end{aligned}$$

c. Kebutuhan besi untuk tulangan sengkang diameter 10



**Gambar 4.49** Panjang tulangan sengkang K3

Dari gambar 4.49, diperoleh:

$$\begin{aligned}\text{Panjang 1 sengkang} &= 5 + 10 + 10 + 10 + 10 + 5 \\ &= 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}\end{aligned}$$

Diameter tulangan = 10 mm

Jarak antar sengkang = 100 mm = 0,1 m

Berat besi D10 per 1m = 0,617 kg/m (*Tabel SNI 2052-2014:4*)

Berat besi 1 sengkang = panjang 1 sengkang x berat besi D10  
per 1 m

$$= 0,5 \text{ m} \times 0,617 \text{ kg/m} = 0,3085 \text{ kg}$$

Jumlah sengkang dalam 1 kolom:

$$\begin{aligned}\text{Jumlah sengkang} &= \left( \frac{\text{Panjang kolom untuk sengkang}}{\text{jarak antar sengkang}} \right) + 1 \\ &= \left( \frac{4,6}{0,1} \right) + 1 = 47 \text{ buah}\end{aligned}$$

Sehingga, diperoleh:

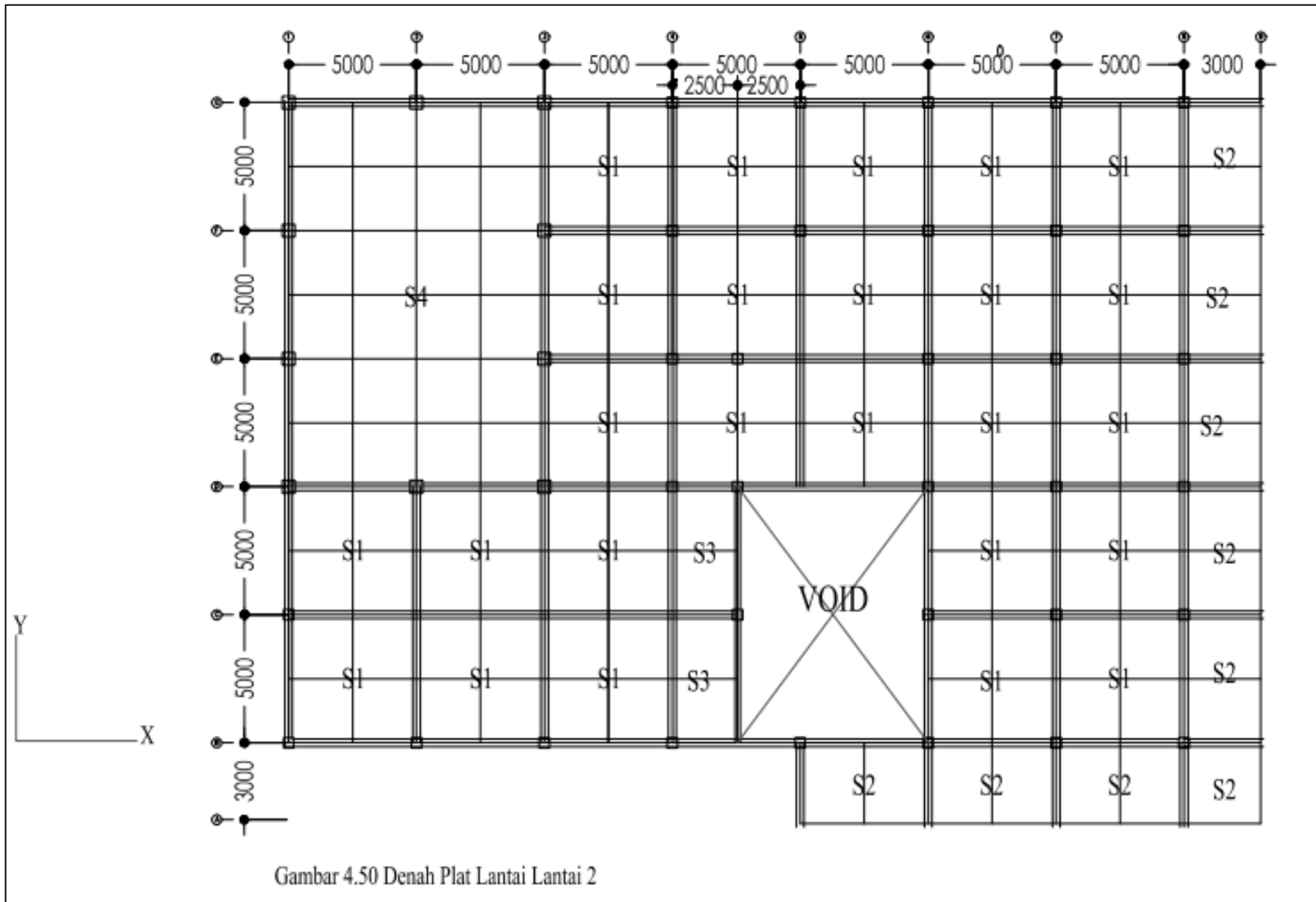
$$\begin{aligned}\text{Berat sengkang per kolom} &= \text{berat 1 sengkang} \times \text{jumlah} \\ &\quad \text{sengkang} \\ &= 0,3085 \text{ kg} \times 47 \text{ buah} \\ &= 14,4995 \text{ kg}\end{aligned}$$

e. Total volume pembesian kolom K3:

$$\begin{aligned}\text{Berat besi per kolom} &= \text{Berat tulangan pokok per kolom} + \\ &\quad \text{berat sengkang per kolom} \\ &= 11,3528 \text{ kg} + 14,4995 \text{ kg} \\ &= 25,8523 \text{ kg}\end{aligned}$$

Dari gambar 4.40 diketahui jumlah kolom K2= 3 buah, maka total berat pembesian kolom K3, yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Volume pembesian K3} &= \text{Berat besi per kolom} \times \text{jumlah kolom} \\ &= 25,8523 \text{ kg} \times 3 \text{ buah} = 77,5569 \text{ kg}\end{aligned}$$



c. Volume pekerjaan plat lantai 2

Dari gambar 4.50, diketahui plat lantai 2 terdiri dari 4 segmen, yaitu

➤ Segmen S1

Panjang arah (x) = 5 m

Panjang arah (y) = 5 m

Luas = panjang arah (x) x panjang arah (y)

$$= 5 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 25 \text{ m}^2$$

Jumlah segmen S1 = 31 buah

Tebal plat rencana = 12 cm = 0,12 m

• Volume beton segmen S1:

Volume = Luas x tebal plat x jumlah segmen

$$= 25 \text{ m}^2 \times 0,12 \text{ m} \times 31 \text{ buah}$$

$$= 93 \text{ m}^3$$

• Volume pembesian segmen S1

Dari data proyek, diketahui rencana pembesian sebagai berikut:

Diameter tulangan pokok = 10 mm

Berat besi D10 per 1 m = 0,617 kg/m (*Tabel SNI 2052-2014:4*)

Panjang besi per batang = 5,16 m

Jarak antar tulangan = 200 mm = 0,2 m

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan arah y} &= \left( \frac{\text{panjang arah x}}{\text{jarak antar tulangan}} \right) + 1 \\ &= \left( \frac{5 \text{ m}}{0,2 \text{ m}} \right) + 1 = 26 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah tulangan arah x} &= \left( \frac{\text{panjang arah y}}{\text{jarak antar tulangan}} \right) + 1 \\ &= \left( \frac{5 \text{ m}}{0,2 \text{ m}} \right) + 1 = 26 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah besi per segmen} &= \text{jumlah tulangan x} + \text{jumlah tulangan y} \\ &= 26 \text{ buah} + 26 \text{ buah} = 52 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat besi per segmen} &= \text{panjang besi per batang} \times \text{berat besi} \\ &\quad \text{D10 per 1 m} \times \text{jumlah besi per segmen} \\ &= 5,16 \text{ m} \times 0,617 \text{ kg/m} \times 52 \text{ buah} \\ &= 165,55344 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total berat besi S1} &= \text{Berat besi per segmen} \times \text{jumlah segmen} \\ &= 165,55344 \text{ kg} \times 31 \text{ buah} \\ &= 5132,15664 \text{ kg}\end{aligned}$$

➤ Segmen S2

$$\text{Panjang arah (x)} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang arah (y)} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Luas} = \text{panjang arah (x)} \times \text{panjang arah (y)}$$

$$= 5 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 15 \text{ m}^2$$

$$\text{Jumlah segmen S2} = 9 \text{ buah}$$

$$\text{Tebal plat rencana} = 12 \text{ cm} = 0,12 \text{ m}$$

● Volume beton segmen S2:

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \text{Luas} \times \text{tebal plat} \times \text{jumlah segmen} \\ &= 15 \text{ m}^2 \times 0,12 \text{ m} \times 9 \text{ buah} \\ &= 16,2 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Volume pembesian segmen S2

Dari data proyek, diketahui rencana pembesian sebagai berikut:

Diameter tulangan pokok = 10 mm

Berat besi D10 per 1 m = 0,617 kg/m (*Tabel SNI 2052-2014:4*)

Panjang besi per batang = 5,16 m

Jarak antar tulangan = 200 mm = 0,2 m

$$\begin{aligned}\text{Jumlah tulangan arah y} &= \left( \frac{\text{panjang arah x}}{\text{jarak antar tulangan}} \right) + 1 \\ &= \left( \frac{5 \text{ m}}{0,2 \text{ m}} \right) + 1 = 26 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah tulangan arah x} &= \left( \frac{\text{panjang arah y}}{\text{jarak antar tulangan}} \right) + 1 \\ &= \left( \frac{3 \text{ m}}{0,2 \text{ m}} \right) + 1 = 16 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah besi per segmen} &= \text{jumlah tulangan x} + \text{jumlah tulangan y} \\ &= 26 \text{ buah} + 16 \text{ buah} = 42 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat besi per segmen} &= \text{panjang besi per batang} \times \text{berat besi} \\ &\quad \text{D10 per 1 m} \times \text{jumlah besi per segmen} \\ &= 5,16 \text{ m} \times 0,617 \text{ kg/m} \times 42 \text{ buah} \\ &= 133,71624 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total berat besi S2} &= \text{Berat besi per segmen} \times \text{jumlah} \\ &\quad \text{segmen} \\ &= 133,71624 \text{ kg} \times 9 \text{ buah} \\ &= 1203,44616 \text{ kg}\end{aligned}$$



➤ Segmen S3

Panjang arah (x) = 2 m

Panjang arah (y) = 5 m

Luas = panjang arah (x) x panjang arah (y)

$$= 2 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 10 \text{ m}^2$$

Jumlah segmen S3 = 2 buah

Tebal plat rencana = 12 cm = 0,12 m

• Volume beton segmen S3:

Volume = Luas x tebal plat x jumlah segmen

$$= 10 \text{ m}^2 \times 0,12 \text{ m} \times 2 \text{ buah}$$

$$= 2,4 \text{ m}^3$$

• Volume pembesian segmen S3

Dari data proyek, diketahui rencana pembesian sebagai berikut:

Diameter tulangan pokok = 10 mm

Berat besi D10 per 1 m = 0,617 kg/m (*Tabel SNI 2052-2014:4*)

Panjang besi per batang = 5,16 m

Jarak antar tulangan = 200 mm = 0,2 m

$$\text{Jumlah tulangan arah y} = \left( \frac{\text{panjang arah x}}{\text{jarak antar tulangan}} \right) + 1$$

$$= \left( \frac{2 \text{ m}}{0,2 \text{ m}} \right) + 1 = 11 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah tulangan arah x} = \left( \frac{\text{panjang arah y}}{\text{jarak antar tulangan}} \right) + 1$$

$$= \left( \frac{5 \text{ m}}{0,2 \text{ m}} \right) + 1 = 26 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah besi per segmen} &= \text{jumlah tulangan x} + \text{jumlah tulangan y} \\ &= 11 \text{ buah} + 26 \text{ buah} = 37 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat besi per segmen} &= \text{panjang besi per batang} \times \text{berat besi} \\ &\quad \text{D10 per 1 m} \times \text{jumlah besi per segmen} \\ &= 5,16 \text{ m} \times 0,617 \text{ kg/m} \times 37 \text{ buah} \\ &= 117,79764 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total berat besi S3} &= \text{Berat besi per segmen} \times \text{jumlah segmen} \\ &= 117,79764 \text{ kg} \times 2 \text{ buah} \\ &= 235,59528 \text{ kg} \end{aligned}$$

➤ Volume total plat lantai:

$$\begin{aligned} - \text{Volume pembetonan} &= \text{Volume beton segmen S1} + \text{Volume beton} \\ &\quad \text{segmen S2} + \text{Volume beton segmen S3} \\ &= 93 \text{ m}^3 + 15 \text{ m}^3 + 2,4 \text{ m}^3 \\ &= 110,4 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{Volume pembesian} &= \text{Total berat besi segmen S1} + \text{total berat besi} \\ &\quad \text{segmen S2} + \text{total berat besi segmen} \\ &\quad \text{segmen S3} \\ &= 5132,15664 \text{ kg} + 1203,44616 \text{ kg} + \\ &\quad 235,59528 \\ &= 6571,19808 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### 4.1.2 Penjadwalan

Penjadwalan secara teknis menjadi hal yang krusial dalam suatu proyek. Hal ini disebabkan, karena berjalannya suatu proyek ditentukan baik dan buruknya penjadwalan dibuat. Penjadwalan dalam manajemen proyek merupakan kelanjutan dari proses perencanaan proyek, yang memberikan informasi mengenai jadwal rencana dan jumlah sumber daya yang diperlukan dalam proyek. Berdasarkan data proyek, diketahui metode penjadwalan pada proyek merupakan metode penjadwalan kurva S, seperti yang terlihat pada gambar 4.51.

Sesuai *time schedule* pada gambar 4.51 tersebut, kita dapat mengetahui durasi pelaksanaan masing-masing pekerjaan, yang nantinya dapat digunakan sebagai batasan durasi rencana pekerjaan dalam melakukan analisa jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan proyek.

**Gambar 4.51** Schedule perencanaan proyek

NO	URAIAN PEKERJAAN	SAT	VOLUME	BOBOT (%)	Rencana Jadwal pelaksanaan																						Prestasi (%)
					Bulan 1				Bulan 2				Bulan 3				Bulan 4				Bulan 5				Bulan 6		
					Minggu																						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22						
I	PEKERJAAN LANTAI SATU																							100			
A	Pekerjaan Dinding Beton, Pas. Bata, Canopy dan Kusen Jendela Aluminium																								90		
1	Dinding pasangan bata/batako (dinding sisi gedung)	m2	217.528	2.14												0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	90	
2	beton canopy (dinding sisi gedung)	m3	40.8124	7.36												0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	90	
3	Dinding bata (dinding sekat ruang)	m2	625.189	7.51								1.88	1.88	1.88	1.88											80	
4	Kusen jendela																									80	
a.	Kusen 5 daun uk. 0.85 x 1	unit	2.00	0.14						0.14																70	
b.	Kusen 5 daun uk. 0.85 x 1 + 0.85 x 1.20	unit	1.00	0.07						0.07																70	
c.	Kusen 9 daun uk. 0.85 x 1	unit	1.00	0.12							0.12															70	
d.	Kusen 9 daun uk. 0.85 x 1 + 0.85 x 1.20	unit	2.00	0.25								0.25														70	
e.	Kusen 10 daun uk. 0.85 x 1 + 0.85 x 1.20	unit	4.00	0.55									0.55													70	
f.	Kusen 14 daun uk. 0.85 x 1	unit	1.00	0.19										0.19												60	
g.	Kusen 15 daun uk. 0.85 x 1 + 0.85 x 1.20	unit	4.00	0.81											0.81											60	
h.	Kusen 19 daun uk. 0.85 x 1 + 0.85 x 1.20	unit	1.00	0.25												0.25										60	
i.	Kusen 20 daun uk. 0.85 x 1 + 0.85 x 1.20	unit	2.00	0.53													0.53									60	
B	Pekerjaan Plafond																									50	
1	Plafond gypsum rangka hollow ruang aula serba guna	m2	150.00	0.92																0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	50	
2	Plafond gypsum rangka hollow Gudang dan Hall	m2	54.50	0.48												0.12	0.12	0.12	0.12							50	
	Plafond gypsum rangka hollow Musholah	m2	-																							40	
	Plafond gypsum rangka hollow koridor	m2	-																							40	
	Plafond gypsum rangka hollow area ruang tunggu	m2	-																							40	
C	Pekerjaan Tangga																									30	
1	Tangga utama dan darurat beton bertulang	m3	6.925	2.04								0.51	0.51	0.51	0.51											30	
II	PEKERJAAN LANTAI DUA																									20	
D	Pekerjaan Balok, Kolom dan Lantai Beton																									20	
1	Balok B.1 ukuran 30 x 60	m3	76.05	23.36	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	20	
2	Balok B.2 ukuran 20 x 40	m3	31.60	9.27	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	20	
3	Kolom K.1 ukuran 50 x 50	m3	8.50	2.88							0.72	0.72	0.72	0.72												20	
4	Kolom K.2 ukuran 40 x 40	m3	17.952	5.45											0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	20	
5	Kolom K.3 ukuran 20 x 20	m3	0.408	0.10																					0.10	20	
6	Lantai beton tebal 12 cm	m3	110.4	34.17	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	10	
III	PEKERJAAN SEPTICTANK																									0.00	
1	Septictank beton bertulang 100kg/m3 ukuran 2.5 x 4 x tinggi 1.5 tebal 15cm	m3	5.61	1.31																					0.66	0.66	
2	Pipa PVC 4"	btg	9.00	0.10																					0.10	0.00	
	Jumlah			100	per m	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	4.43	4.43	5.08	5.01	6.77	6.89	6.68	6.75	6.41	5.86	6.14	5.67	1.96	1.96	1.86	1.86
					kumul	3.71	7.42	11.1	14.8	18.6	22.3	26.7	31.1	36.2	41.2	48.0	54.9	61.6	68.3	74.7	80.6	86.7	92.4	94.3	96.3	98.1	100.0

#### 4.1.3 Koefisien Tenaga Kerja

Nilai koefisien tenaga kerja merupakan faktor yang dipakai untuk menunjukkan kebutuhan waktu atau lamanya pelaksanaan dari tenaga kerja yang diperlukan untuk menyelesaikan satu satuan volume. Perlu diketahui nilai koefisien tenaga kerja antara satu pekerjaan dengan pekerjaan yang lain tidaklah sama. Dalam SNI, telah diatur nilai masing-masing tenaga kerja berdasarkan jenis pekerjaan yang dikerjakan. Adapun SNI yang dipakai dalam pembahasan studi ini adalah SNI berkaitan dengan pekerjaan berikut ini:

a. Pada pekerjaan dinding bata

Pada pekerjaan dinding bata digunakan nilai koefisien tenaga kerja yang tercantum dalam SNI 6897– 2008 (Tata cara perhitungan harga satuan pekerjaan dinding untuk konstruksi bangunan gedung dan perumahan). Untuk mengerjakan 1 m<sup>2</sup> pekerjaan pasangan dinding bata merah ukuran (5 x 11 x 22) cm, tebal 1 bata, campuran spesi 1 PC: 5 PP, diperoleh koefisien tenaga kerja adalah sebagai berikut :

✓ Pekerja	= 0,600 OH
✓ Tukang batu	= 0,200 OH
✓ Kepala Tukang	= 0,020 OH
✓ Mandor	= 0,030 OH

b. Pada pekerjaan plafond

Nilai koefisien tenaga kerja pekerjaan plafond yang digunakan dalam studi ini adalah SNI 2839 – 2008 (Tata cara perhitungan harga satuan pekerjaan langit-langit untuk konstruksi bangunan gedung dan perumahan). Koefisien tenaga kerja untuk memasang 1 m<sup>2</sup> pekerjaan plafond gypsum board ukuran (1200 x 2400 x 9) mm adalah sebagai berikut :

✓ Pekerja	= 0,100 OH
✓ Tukang kayu	= 0,050 OH
✓ Kepala Tukang	= 0,005 OH
✓ Mandor	= 0,005 OH

c. Pekerjaan pembesian

Dalam SNI 7394 – 2008, diperoleh koefisien tenaga kerja pada pekerjaan pembesian 10 kg dengan besi polos atau besi ulir sebagai berikut :

✓ Pekerja	= 0,070 OH
✓ Tukang besi	= 0,070 OH
✓ Kepala Tukang	= 0,007 OH
✓ Mandor	= 0,007 OH

Untuk memperoleh koefisien pembesian 1 kg, dilakukan perhitungan sebagai berikut:

✓ Pekerja	= 0,070/10	= 0,007 OH
✓ Tukang besi	= 0,070/10	= 0,007 OH

$$✓ \text{ Kepala Tukang} = 0,007 / 10 = 0,0007 \text{ OH}$$

$$✓ \text{ Mandor} = 0,007/10 = 0,0007 \text{ OH}$$

d. Pekerjaan pembetonan

Dalam SNI 7394 – 2008, diperoleh koefisien tenaga kerja pada pekerjaan 1 m<sup>3</sup> balok beton bertulang adalah sebagai berikut :

$$✓ \text{ Pekerja} = 1,650 \text{ OH}$$

$$✓ \text{ Tukang batu} = 0,275 \text{ OH}$$

$$✓ \text{ Kepala Tukang} = 0,028 \text{ OH}$$

$$✓ \text{ Mandor} = 0,083 \text{ OH}$$

#### 4.1.4 Analisa Jumlah Tenaga Kerja

Analisa jumlah tenaga kerja, bertujuan mencari jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu volume pekerjaan berdasarkan perkalian antara volume pekerjaan dengan koefisien tenaga kerja SNI. Untuk memperoleh jumlah tenaga kerja pada masing-masing pekerjaan, dilakukan analisa jumlah tenaga kerja sebagai berikut:

##### 1. Analisa jumlah tenaga kerja pada pekerjaan pembesian

Dalam SNI 7398-2008, telah diatur kelompok kerja pembesian, terdiri dari: 1) pekerja; 2) tukang besi; 3) kepala tukang besi; dan 4) Mandor. Berdasarkan volume pekerjaan pembesian yang telah dihitung, diperoleh volume pekerjaan pembesian seperti pada tabel 4.1.

**Tabel. 4.1** Volume pekerjaan pembesian

No	Nama pekerjaan	Volume	Satuan	Jenis Pekerjaan
<b>A</b>	<b>Pekerjaan Pembesian</b>			
1	Pekerjaan Balok B1 ukuran 30 x 60	20764,28	kg	Pembesian
2	Pekerjaan Balok B2 ukuran 20 x 40	13146,54	kg	Pembesian
3	Pekerjaan Plat beton lantai 2	6571,198	kg	Pembesian
4	Pekerjaan Kolom K1 ukuran 50 x 50	1365,143	kg	Pembesian
5	Pekerjaan Kolom K2 ukuran 40 x 40	3162,8091	kg	Pembesian
6	Pekerjaan Kolom K3 ukuran 20 x 20	77,5569	kg	Pembesian
<b>Total</b>		<b>45087,527</b>	<b>kg</b>	<b>Pembesian</b>

Dari tabel 4.1, diperoleh volume total pekerjaan pembesian= **45087,527 kg**. Berdasarkan SNI 7398-2008, diperoleh koefisien tenaga kerja pada pekerjaan pembesian 10 kg, yaitu:



$$\diamond \text{ Pekerja} = 0,070 \text{ OH}$$

$$\diamond \text{ Tukang besi} = 0,070 \text{ OH}$$

$$\diamond \text{ Kepala tukang besi} = 0,007 \text{ OH}$$

$$\diamond \text{ Mandor} = 0,004 \text{ OH}$$

Jika dikonversikan pembesian 10 kg menjadi 1 kg, maka akan diperoleh koefisien tenaga kerja pembesian sebagai berikut:

$$\diamond \text{ Pekerja} = 0,0070 \text{ OH}$$

$$\diamond \text{ Tukang besi} = 0,0070 \text{ OH}$$

$$\diamond \text{ Kepala tukang besi} = 0,0007 \text{ OH}$$

$$\diamond \text{ Mandor} = 0,0004 \text{ OH}$$

#### Analisa jumlah tenaga kerja

Jumlah tenaga kerja 1 hari:

$$\text{Tenaga 1 hari} = \text{Volume pekerjaan (kg)} \times \text{koefisien tenaga kerja (OH)}$$

Jumlah tenaga kerja 1 hari:

$$\diamond \text{ Pekerja} = 45087,527 \times 0,007 = 315,613 \text{ orang/hari}$$

$$\diamond \text{ Tukang besi} = 45087,527 \times 0,007 = 315,613 \text{ orang/hari}$$

$$\diamond \text{ Kepala tukang besi} = 45087,527 \times 0,0007 = 31,5613 \text{ orang/hari}$$

$$\diamond \text{ Mandor} = 45087,527 \times 0,0004 = 18,035 \text{ orang/hari}$$

#### Jumlah tenaga kerja sesuai durasi rencana

Untuk memperoleh jumlah tenaga kerja sesuai durasi rencana, digunakan rumus:

$$\text{Jumlah tenaga kerja sesuai durasi} = \frac{\text{Jumlah tenaga kerja 1 hari (orang/hari)}}{\text{durasi rencana pekerjaan (hari)}}$$

Durasi rencana pekerjaan dalam studi ini, direncanakan dengan ketentuan jumlah hari tersebut tidak melebihi jumlah hari pada *time schedule*. Pada pekerjaan pembesian, direncanakan durasi pekerjaan pembesian = 30 hari, maka diperoleh jumlah masing-masing tenaga kerja sesuai durasi, yaitu sebagai berikut:

$$\diamond \text{ Pekerja} = \frac{315,613}{30} = 10,520 \approx 11 \text{ orang}$$

$$\diamond \text{ Tukang besi} = \frac{315,613}{30} = 10,520 \approx 11 \text{ orang}$$

$$\diamond \text{ Kepala tukang besi} = \frac{31,5613}{30} = 1,05204 \approx 2 \text{ orang}$$

$$\diamond \text{ Mandor} = \frac{18,035}{30} = 0,6011 \approx 1 \text{ orang}$$

## 2. Jumlah tenaga kerja pada pekerjaan pembetonan

Dalam SNI 7398-2008, telah diatur kelompok kerja pembetonan yang terdiri dari: 1) pekerja; 2) tukang batu; 3) kepala tukang batu; dan 4) Mandor. Berdasarkan volume pekerjaan pembetonan yang telah dihitung, diperoleh volume pekerjaan pembetonan seperti pada tabel berikut ini.

**Tabel 4.2** Volume pekerjaan pembetonan

No	Nama pekerjaan	Volume	Satuan	Jenis Pekerjaan
<b>B</b>	<b>Pekerjaan Pembetonan</b>			
1	Pekerjaan beton kanopi	40,812	m <sup>3</sup>	Pembetonan
2	Pekerjaan tangga utama dan tangga darurat	6,925	m <sup>3</sup>	Pembetonan
3	Pekerjaan Balok B1 ukuran 30 x 60	76,05	m <sup>3</sup>	Pembetonan
4	Pekerjaan Balok B2 ukuran 20 x 40	31,6	m <sup>3</sup>	Pembetonan
5	Pekerjaan Plat beton lantai 2	110,4	m <sup>3</sup>	Pembetonan
6	Pekerjaan Kolom K1 ukuran 50 x 50	8,50	m <sup>3</sup>	Pembetonan
7	Pekerjaan Kolom K2 ukuran 40 x 40	17,952	m <sup>3</sup>	Pembetonan
8	Pekerjaan Kolom K3 ukuran 20 x 20	0,408	m <sup>3</sup>	Pembetonan
<b>Total</b>		<b>292,647</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>Pembetonan</b>

Dari tabel 4.2, diperoleh volume total pekerjaan pembetonan= **292,647 m<sup>3</sup>**. Dalam SNI 7398-2008, diketahui koefisien tenaga kerja pada pekerjaan pembetonan per 1 m<sup>3</sup>, sebagai berikut:

✧ Pekerja = 1,650 OH

✧ Tukang batu = 0,275 OH

✧ Kepala tukang batu = 0,028 OH

✧ Mandor = 0,083 OH

#### 🚧 Analisa jumlah tenaga kerja

Jumlah tenaga kerja 1 hari:

Tenaga 1 hari = Volume pekerjaan ( $m^3$ )  $\times$  koefisien tenaga kerja (OH)

Jumlah tenaga kerja 1 hari:

$$\diamond \text{ Pekerja} = 292,647 \times 1,650 = 482,868 \text{ orang/hari}$$

$$\diamond \text{ Tukang batu} = 292,647 \times 0,275 = 80,478 \text{ orang/hari}$$

$$\diamond \text{ Kepala tukang batu} = 292,647 \times 0,028 = 8,194 \text{ orang/hari}$$

$$\diamond \text{ Mandor} = 292,647 \times 0,083 = 24,289 \text{ orang/hari}$$

#### 🚧 Jumlah tenaga kerja sesuai durasi rencana

Untuk memperoleh jumlah tenaga kerja sesuai durasi rencana, digunakan rumus:

$$\text{Jumlah tenaga kerja sesuai durasi} = \frac{\text{Jumlah tenaga kerja 1 hari (orang/hari)}}{\text{durasi rencana pekerjaan (hari)}}$$

Durasi rencana pekerjaan dalam studi ini, direncanakan dengan ketentuan durasi rencana, tidak melebihi jumlah hari pada *time schedule*. Pada pekerjaan pembetonan, direncanakan durasi pekerjaan = 32 hari, maka diperoleh jumlah masing-masing tenaga kerja sesuai durasi, yaitu sebagai berikut:

$$\diamond \text{ Pekerja} = \frac{482,868}{32} = 15,089 \approx 16 \text{ orang}$$

$$\diamond \text{ Tukang batu} = \frac{80,478}{32} = 2,514 \approx 3 \text{ orang}$$

$$\diamond \text{ Kepala tukang batu} = \frac{8,194}{32} = 0,256 \approx 1 \text{ orang}$$

$$\diamond \text{ Mandor} = \frac{24,289}{32} = 0,759 \approx 1 \text{ orang}$$

### 3. Jumlah tenaga kerja pada pekerjaan pasangan dinding

Dalam SNI 6897-2008, telah diatur kelompok kerja pasangan dinding, terdiri dari: 1) pekerja; 2) tukang batu; 3) kepala tukang batu; dan 4) Mandor. Berdasarkan volume pekerjaan pasangan dinding yang telah dihitung, diperoleh volume pekerjaan pasangan dinding seperti pada tabel berikut ini.

**Tabel 4.3** Volume pekerjaan pasangan dinding

No	Nama pekerjaan	Volume	Satuan	Jenis Pekerjaan
<b>C</b>	<b>Pekerjaan Pasangan Dinding</b>			
1	Pekerjaan pasangan dinding bata sekat ruang	625,189	m <sup>2</sup>	Dinding
2	Pekerjaan pasangan dinding bata sisi gedung	217,528	m <sup>2</sup>	Dinding
	<b>Total</b>	<b>842,717</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>Dinding</b>

Berdasarkan tabel 4.3, diketahui total volume pekerjaan pasangan dinding bata = **842,717 m<sup>2</sup>**. Dari SNI 6897-2008 diperoleh koefisien tenaga kerja untuk pekerjaan pasangan dinding bata, yaitu:

$$\diamond \text{ Pekerja} = 0,600 \text{ OH}$$

$$\diamond \text{ Tukang batu} = 0,200 \text{ OH}$$

$$\diamond \text{ Kepala tukang batu} = 0,020 \text{ OH}$$

$$\diamond \text{ Mandor} = 0,030 \text{ OH}$$

#### 🚧 Analisa jumlah tenaga kerja

Jumlah tenaga kerja 1 hari:

Tenaga 1 hari = Volume pekerjaan ( $m^2$ )  $\times$  koefisien tenaga kerja (OH)

Jumlah tenaga kerja 1 hari:

$$\diamond \text{ Pekerja} = 842,717 \times 0,600 = 505,630 \text{ orang/hari}$$

$$\diamond \text{ Tukang batu} = 842,717 \times 0,200 = 168,543 \text{ orang/hari}$$

$$\diamond \text{ Kepala tukang batu} = 842,717 \times 0,020 = 16,854 \text{ orang/hari}$$

$$\diamond \text{ Mandor} = 842,717 \times 0,030 = 25,281 \text{ orang/hari}$$

#### 🚧 Jumlah tenaga kerja sesuai durasi rencana

Untuk memperoleh jumlah tenaga kerja sesuai durasi rencana, digunakan rumus:

$$\text{Jumlah tenaga kerja sesuai durasi} = \frac{\text{Jumlah tenaga kerja 1 hari (orang/hari)}}{\text{durasi rencana pekerjaan (hari)}}$$

Durasi rencana pekerjaan dalam studi ini, direncanakan dengan ketentuan jumlah hari tersebut tidak melebihi jumlah hari pada *time schedule*. Sebagai contoh perhitungan, pada pekerjaan pemasangan dinding bata sekat ruang, direncanakan durasi pekerjaan = 42 hari, maka diperoleh jumlah masing-masing tenaga kerja sesuai durasi, yaitu sebagai berikut:

$$\diamond \text{ Pekerja} = \frac{505,630}{42} = 12,039 \approx 13 \text{ orang}$$

$$\diamond \text{ Tukang batu} = \frac{168,543}{42} = 4,013 \approx 5 \text{ orang}$$

$$\diamond \text{ Kepala tukang batu} = \frac{16,8543}{42} = 0,4013 \approx 1 \text{ orang}$$

$$\diamond \text{ Mandor} = \frac{25,281}{42} = 0,6019 \approx 1 \text{ orang}$$

#### 4. Jumlah tenaga kerja pada pekerjaan plafond

Dalam SNI 2839-2008, telah diatur kelompok kerja pekerjaan plafond, terdiri dari: 1) pekerja; 2) tukang kayu; 3) kepala tukang kayu; dan 4) Mandor. Berdasarkan volume pekerjaan plafond yang telah dihitung, diperoleh volume pekerjaan plafond seperti pada tabel berikut.

**Tabel 4.4** Volume pekerjaan plafond

No	Nama pekerjaan	Volume	Satuan	Jenis Pekerjaan
<b>D</b>	<b>Pekerjaan Plafond</b>			
1	Pekerjaan plafond gypsum rangka hollow ruang aula serbaguna	150	m <sup>2</sup>	Pembesian
2	Pekerjaan plafond gypsum rangka hollow Gudang dan Hall	54,5	m <sup>2</sup>	Plafond
<b>Total</b>		<b>204,5</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>Plafond</b>

Berdasarkan tabel 4.4, diketahui volume total pekerjaan plafond= **204,5 m<sup>2</sup>**. Dari SNI 2839-2008, diperoleh koefisien tenaga kerja untuk pekerjaan plafond adalah sebagai berikut:

$$\diamond \text{ Pekerja} = 0,100 \text{ OH}$$

$$\diamond \text{ Tukang kayu} = 0,050 \text{ OH}$$

$$\diamond \text{ Kepala tukang kayu} = 0,005 \text{ OH}$$

$$\diamond \text{ Mandor} = 0,005 \text{ OH}$$

#### ✚ Analisa jumlah tenaga kerja

Jumlah tenaga kerja 1 hari:

Tenaga 1 hari = Volume pekerjaan ( $m^2$ )  $\times$  koefisien tenaga kerja (OH)

Jumlah tenaga kerja 1 hari:

$$\diamond \text{ Pekerja} = 204,5 \times 0,100 = 20,45 \text{ orang/hari}$$

$$\diamond \text{ Tukang kayu} = 204,5 \times 0,050 = 10,225 \text{ orang/hari}$$

$$\diamond \text{ Kepala tukang kayu} = 204,5 \times 0,005 = 1,0225 \text{ orang/hari}$$

$$\diamond \text{ Mandor} = 204,5 \times 0,005 = 1,0225 \text{ orang/hari}$$

#### ✚ Jumlah tenaga kerja sesuai durasi rencana

Untuk memperoleh jumlah tenaga kerja sesuai durasi rencana, digunakan rumus:

$$\text{Jumlah tenaga kerja sesuai durasi} = \frac{\text{Jumlah tenaga kerja 1 hari (orang/hari)}}{\text{durasi rencana pekerjaan (hari)}}$$

Durasi rencana pekerjaan dalam studi ini, direncanakan dengan ketentuan jumlah hari tersebut tidak melebihi jumlah hari pada *time schedule*. Pada pekerjaan plafond gypsum ruang aula serbaguna, direncanakan durasi pekerjaan = 12 hari, maka diperoleh jumlah masing-masing tenaga kerja sesuai durasi, yaitu sebagai berikut:

$$\diamond \text{ Pekerja} = \frac{20,45}{12} = 1,7041 \approx 2 \text{ orang}$$

$$\diamond \text{ Tukang kayu} = \frac{10,225}{12} = 0,852 \approx 1 \text{ orang}$$



$$\diamond \text{ Kepala tukang kayu} = \frac{10,225}{12} = 0,852 \approx 1 \text{ orang}$$

$$\diamond \text{ Mandor} = \frac{1,0225}{12} = 0,0852 \approx 1 \text{ orang}$$

#### 4.1.5 Upah Tenaga Kerja

Berdasarkan data yang didapat dari PT. Tri Guna Abadi selaku kontraktor pelaksana, daftar harga satuan upah dan bahan kota Ambon yang digunakan pada proyek yaitu daftar harga satuan pekerja dan satuan bahan kota Ambon tahun 2015 seperti pada tabel 4.5.

**Tabel 4.5** Daftar Harga Satuan Upah dan Bahan Kota Ambon Tahun 2015  
**DAFTAR HARGA SATUAN UPAH PEKERJA DAN SATUAN BAHAN**  
**KOTA AMBON**  
 Semester : I , Tahun Anggaran 2015

NO	MACAM BAHAN	SA TU AN	KECAMATAN	KECAMATAN	KEC. TELUK	KET
			SIRIMAU	NUSANIWE	AMBON	
			UPAH /HARI (Rp)			
1	2	3	4	5	6	7
1.	PEKERJA	OH	80.000,00	80.000,00	80.000,00	
2.	TUKANG (Batu,Kayu,Besi, Cat,Listrik,Las,Gali)	OH	120.000,00	120.000,00	120.000,00	
3.	KEPALA TUKANG	OH	140.000,00	140.000,00	140.000,00	
4.	MANDOR	OH	160.000,00	160.000,00	160.000,00	
5.	OPERATOR	OH	120.000,00	120.000,00	120.000,00	
6.	SOPIR	OH	100.000,00	100.000,00	100.000,00	
7.	MEKANIK	OH	120.000,00	120.000,00	120.000,00	
8.	PEMBANTU (Operator,Mekanik,Sopir)	OH	80.000,00	80.000,00	80.000,00	
9.	BURUH LAPANGAN TERLATIH	OH	70.000,00	70.000,00	70.000,00	
10.	BURUH LAPANGAN TIDAK TERLATIH	OH	60.000,00	60.000,00	60.000,00	

Sumber: Basic Price Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Maluku, 2015:1  
 (Daftar Harga Satuan Upah Pekerja dan Satuan Bahan  
 Selengkapnya terlampir pada lampiran)

Dari data tabel 4.5 diperoleh harga upah tenaga kerja per hari dalam wilayah proyek Kec. Teluk Ambon, yaitu:

Pekerja	Rp. 80.000,00
Tukang besi	Rp. 120.000,00
Tukang batu	Rp. 120.000,00
Tukang kayu	Rp. 120.000,00
Kepala Tukang	Rp. 140.000,00
Mandor	Rp. 160.000,00

## 4.2 Analisa Dengan Metode Simpleks

Dalam penyelesaian masalah program linier dengan metode simpleks, terdapat dua hal penting yang harus diketahui agar dapat menyelesaikan permasalahan linier simpleks, yaitu:

- ✧ Penetapan Fungsi tujuan
- ✧ Penetapan Fungsi pembatas

### 4.2.1 Penetapan Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan dalam metode simpleks, menggambarkan sasaran yang ingin dicapai, baik itu berupa pengoptimalan sumber daya terbatas maupun sasaran untuk meminimumkan biaya. Pada studi kasus ini, sasaran yang ingin dicapai yaitu mengetahui bentuk efisien tenaga kerja atau jumlah alokasi tenaga kerja pada setiap item pekerjaan yang bertujuan untuk meminimumkan biaya upah tenaga kerja. Untuk itu, data yang dipakai dalam menetapkan persamaan fungsi tujuan, yaitu data upah tenaga kerja perhari.

Dalam menyelesaikan permasalahan metode simpleks diperlukan perumusan bentuk matematis sebagai syarat penggunaan metode simpleks. Sehingga dapat dirumuskan formulasi bentuk matematis fungsi tujuan, yaitu:

$$Z = ax_1 + bx_2 + cx_3 + dx_4 + ex_5 + fx_6 + gx_7 + hx_8 \quad (\text{Minimasi})$$

Keterangan :

Z = Biaya total upah tenaga kerja (per hari)

a	= upah pekerja perhari
$X_1$	= Jumlah alokasi pekerja/pembantu tukang
b	= upah tukang besi perhari
$X_2$	= Jumlah alokasi tukang besi
c	= upah tukang batu perhari
$X_3$	= Jumlah alokasi tukang batu
d	= upah alokasi tukang kayu perhari
$X_4$	= Jumlah alokasi tukang kayu
e	= upah kepala tukang besi perhari
$X_5$	= Jumlah alokasi kepala tukang besi
f	= upah kepala tukang batu perhari
$X_6$	= Jumlah alokasi kepala tukang batu
g	= upah kepala tukang kayu perhari
$X_7$	= Jumlah alokasi kepala tukang kayu
h	= upah mandor perhari
$X_8$	= Jumlah alokasi mandor

Berdasarkan tabel 4.5, diperoleh data upah tenaga kerja proyek, sebagai berikut:

✧ Pekerja	Rp. 80.000,00
✧ Tukang besi	Rp. 120.000,00
✧ Tukang batu	Rp. 120.000,00
✧ Tukang kayu	Rp. 120.000,00

✧ Kepala Tukang besi	Rp. 140.000,00
✧ Kepala Tukang batu	Rp. 140.000,00
✧ Kepala Tukang kayu	Rp. 140.000,00
✧ Mandor	Rp. 160.000,00

Dari data upah tersebut, kemudian diformulasikan ke dalam bentuk persamaan fungsi tujuan, yaitu sebagai berikut:

$$Z = 8X_1 + 12X_2 + 12X_3 + 12X_4 + 14X_5 + 14X_6 + 14X_7 + 16X_8 \quad (\times 10000)$$

Formulasi tujuan di atas merupakan formulasi tujuan untuk menghitung biaya upah total untuk seluruh jumlah tenaga kerja. Sedangkan untuk formulasi fungsi tujuan untuk masing-masing pekerjaan ditulis, sebagai berikut:

- Formulasi fungsi tujuan pada pekerjaan pembesian

$$Z = 8X_1 + 12X_2 + 14X_5 + 16X_8 \quad (\times 10000)$$

- Formulasi fungsi tujuan pada pekerjaan pembetonan

$$Z = 8X_1 + 12X_3 + 14X_6 + 16X_8 \quad (\times 10000)$$

- Formulasi fungsi tujuan pada pekerjaan pasangan dinding

$$Z = 8X_1 + 12X_3 + 14X_6 + 16X_8 \quad (\times 10000)$$

- Formulasi fungsi tujuan pada pekerjaan plafond

$$Z = 8X_1 + 12X_4 + 14X_7 + 16X_8 \quad (\times 10000)$$

#### 4.2.2 Fungsi Pembatas

Fungsi pembatas sangat diperlukan untuk mendapatkan hasil yang tidak melebihi dari data-data yang sudah ditentukan selama proyek berjalan. Adapun data-data yang dipergunakan sebagai batasan adalah sebagai berikut:

##### 1. Volume pekerjaan

Berdasarkan hasil perhitungan volume masing-masing pekerjaan, diperoleh hasil seperti pada tabel 4.6 berikut ini.

**Tabel 4.6** Volume pekerjaan proyek

No	Jenis Pekerjaan	Volume Total	Satuan	Durasi (hari)
A	Pekerjaan Pembesian	45087,527	kg	30
B	Pekerjaan Pembetonan	292,647	m <sup>3</sup>	32
C	Pekerjaan pasangan dinding	842,717	m <sup>2</sup>	42
D	Pekerjaan plafond gypsum	204,5	m <sup>2</sup>	12

Pada studi ini, yang dipakai sebagai fungsi pembatas volume pekerjaan adalah volume perhari. Volume perhari sebagai fungsi pembatas, artinya volume perhari secara persamaan linier menjadi batasan kapasitas yang akan dioptimalkan. Dalam persamaan fungsi pembatas, volume perhari disimbolkan sebagai  $b_1$ . Jika ditulis dalam bentuk persamaan linier pada studi ini, bentuk persamaannya yaitu:

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + a_{14}X_4 + a_{15}X_5 + a_{16}X_6 + a_{17}X_7 + a_{18}X_8 \leq b_1$$

Keterangan:

$a_{11}$  = produktivitas pekerja per hari

$a_{12}$  = produktivitas tukang besi per hari

$a_{13}$  = produktivitas tukang batu per hari

$a_{14}$  = produktivitas tukang kayu per hari  
 $a_{15}$  = produktivitas kepala tukang besi per hari  
 $a_{16}$  = produktivitas kepala tukang batu per hari  
 $a_{17}$  = produktivitas kepala tukang kayu per hari  
 $a_{18}$  = produktivitas mandor per hari  
 $X_1$  = Jumlah pekerja yang dicari  
 $X_2$  = Jumlah tukang besi yang dicari  
 $X_3$  = Jumlah tukang batu yang dicari  
 $X_4$  = Jumlah tukang kayu yang dicari  
 $X_5$  = Jumlah kepala tukang besi yang dicari  
 $X_6$  = Jumlah kepala tukang batu yang dicari  
 $X_7$  = Jumlah kepala tukang kayu yang dicari  
 $X_8$  = Jumlah mandor yang dicari  
 $b_1$  = batasan volume pekerjaan perhari

Dari bentuk persamaan diatas, diketahui bahwa hasil penjumlahan  $aX$  tidak boleh melebihi nilai  $b_1$ , sehingga  $b_1$  disebut sebagai pembatas. Dalam persamaan ini,  $a$  merupakan simbol dari besar produktivitas tenaga kerja, sedangkan  $X$  merupakan simbol dari jumlah tenaga kerja yang dicari. Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa rumus dasar persamaan di atas yaitu:

**Produktivitas per hari x jumlah tenaga kerja perhari = Volume perhari**

Volume perhari masing-masing pekerjaan dapat dicari, dengan rumus:

$$\text{Volume per hari} = \frac{\text{volume total}}{\text{durasi}}$$

Berdasarkan data tabel 4.6, diperoleh volume per hari masing-masing pekerjaan, yaitu:

- $\text{Volume per hari pembesian} = \frac{45087,527 \text{ kg}}{30 \text{ hari}} = 1502,92 \text{ kg/hari}$
- $\text{Volume per hari pembetonan} = \frac{292,647 \text{ m}^3}{32 \text{ hari}} = 9,15 \text{ m}^3/\text{hari}$
- $\text{Volume per hari pasangan dinding} = \frac{842,717 \text{ m}^2}{42 \text{ hari}} = 20,06 \text{ m}^2/\text{hari}$
- $\text{Volume per hari plafond} = \frac{204,5 \text{ m}^2}{12 \text{ hari}} = 17,04 \text{ m}^2/\text{hari}$

Dari hasil perhitungan diatas, diperoleh batasan b1 pada masing-masing pekerjaan, jika ditulis dalam persamaan fungsi batasan akan menjadi:

- Persamaan fungsi pembatas pekerjaan pembesian

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{15}X_5 + a_{18}X_8 \leq 1502,92 \quad (\text{batasan volume pembesian per hari})$$

- Persamaan fungsi pembatas pekerjaan pembetonan

$$a_{11}X_1 + a_{13}X_3 + a_{16}X_6 + a_{18}X_8 \leq 9,15 \quad (\text{batasan volume pembetonan per hari})$$

- Persamaan fungsi pembatas pekerjaan pasangan dinding



$$a_{11}X_1 + a_{13}X_3 + a_{16}X_6 + a_{18}X_8 \leq 20,065 \quad (\text{batasan volume pekerjaan pasangan dinding per hari})$$

- Persamaan fungsi pembatas pekerjaan plafond

$$a_{11}X_1 + a_{14}X_4 + a_{17}X_7 + a_{18}X_8 \leq 17,042 \quad (\text{batasan volume pekerjaan plafond per hari})$$

## 2. Produktivitas Tenaga Kerja

Fungsi batasan produktivitas dalam studi ini, yaitu sebagai batasan produktivitas masing-masing tenaga kerja dalam ukuran produktivitas per hari terhadap beban volume pekerjaan per hari berdasarkan jenis pekerjaan. Dengan kata lain, setiap tenaga kerja memiliki batasan ukuran produktivitas yang harus dicapai dalam volume pekerjaan per hari. Secara formulasi persamaan dapat ditulis, sebagai berikut:

- Formulasi persamaan fungsi batasan produktivitas pekerjaan pembesian

$$a_{21} \cdot X_1 \leq b_2 \quad (\text{batasan produktivitas pekerja})$$

$$a_{22} \cdot X_2 \leq b_2 \quad (\text{batasan produktivitas tukang besi})$$

$$a_{25} \cdot X_5 \leq b_2 \quad (\text{batasan produktivitas kepala tukang besi})$$

$$a_{28} \cdot X_8 \leq b_2 \quad (\text{batasan produktivitas mandor})$$

Keterangan:

$$a_{21} = \text{produktivitas pekerja per hari}$$

$$a_{22} = \text{produktivitas tukang besi per hari}$$

$$a_{25} = \text{produktivitas kepala tukang besi per hari}$$

$a_{28}$  = produktivitas mandor per hari

$X_1$  = Jumlah pekerja yang dicari

$X_2$  = Jumlah tukang besi yang dicari

$X_5$  = Jumlah kepala tukang besi yang dicari

$X_8$  = Jumlah mandor yang dicari

$b_2$  = batasan produktivitas

- Formulasi persamaan fungsi batasan produktivitas pekerjaan pembetonan

$a_{21} \cdot X_1 \leq b_2$  (batasan produktivitas pekerja)

$a_{23} \cdot X_3 \leq b_2$  (batasan produktivitas tukang batu)

$a_{26} \cdot X_6 \leq b_2$  (batasan produktivitas kepala tukang batu)

$a_{28} \cdot X_8 \leq b_2$  (batasan produktivitas mandor)

Keterangan:

$a_{21}$  = produktivitas pekerja per hari

$a_{23}$  = produktivitas tukang batu per hari

$a_{26}$  = produktivitas kepala tukang batu per hari

$a_{28}$  = produktivitas mandor per hari

$X_1$  = Jumlah pekerja yang dicari

$X_3$  = Jumlah tukang batu yang dicari

$X_6$  = Jumlah kepala tukang batu yang dicari

$X_8$  = Jumlah mandor yang dicari

$b_2$  = batasan produktivitas

- Formulasi persamaan fungsi batasan produktivitas pekerjaan pasangan dinding

$$a_{21} \cdot X_1 \leq b_2 \quad (\text{batasan produktivitas pekerja})$$

$$a_{23} \cdot X_3 \leq b_2 \quad (\text{batasan produktivitas tukang batu})$$

$$a_{26} \cdot X_6 \leq b_2 \quad (\text{batasan produktivitas kepala tukang batu})$$

$$a_{28} \cdot X_8 \leq b_2 \quad (\text{batasan produktivitas mandor})$$

Keterangan:

$$a_{21} = \text{produktivitas pekerja per hari}$$

$$a_{23} = \text{produktivitas tukang batu per hari}$$

$$a_{26} = \text{produktivitas kepala tukang batu per hari}$$

$$a_{28} = \text{produktivitas mandor per hari}$$

$$X_1 = \text{Jumlah pekerja yang dicari}$$

$$X_3 = \text{Jumlah tukang batu yang dicari}$$

$$X_6 = \text{Jumlah kepala tukang batu yang dicari}$$

$$X_8 = \text{Jumlah mandor yang dicari}$$

$$b_2 = \text{batasan produktivitas}$$

- Formulasi persamaan fungsi batasan produktivitas pekerjaan plafond

$$a_{21} \cdot X_1 \leq b_2 \quad (\text{batasan produktivitas pekerja})$$

$$a_{24} \cdot X_4 \leq b_2 \quad (\text{batasan produktivitas tukang batu})$$

$$a_{27} \cdot X_7 \leq b_2 \quad (\text{batasan produktivitas kepala tukang batu})$$

$$a_{28} \cdot X_8 \leq b_2 \quad (\text{batasan produktivitas mandor})$$

Keterangan:

$a_{21}$  = produktivitas pekerja per hari

$a_{24}$  = produktivitas tukang kayu per hari

$a_{27}$  = produktivitas kepala tukang kayu per hari

$a_{28}$  = produktivitas mandor per hari

$X_1$  = Jumlah pekerja yang dicari

$X_4$  = Jumlah tukang kayu yang dicari

$X_7$  = Jumlah kepala tukang kayu yang dicari

$X_8$  = Jumlah mandor yang dicari

$b_2$  = batasan produktivitas

Dari formulasi persamaan di atas, kemudian dicari batasan produktivitas dan ukuran produktivitas, sebagai berikut:

**a. Ukuran produktivitas tenaga kerja**

Pengukuran produktivitas tenaga kerja dapat dihitung, dengan menggunakan rumus :

$$\text{Produktivitas per hari} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Jumlah tenaga kerja} \times \text{jumlah hari}}$$

Produktivitas masing-masing tenaga kerja dapat dihitung, jika volume pekerjaan dan jumlah tenaga kerja diketahui. Pada studi ini, jumlah tenaga kerja diperoleh berdasarkan koefisien kebutuhan tenaga kerja. Dengan menggunakan perbandingan koefisien kebutuhan tenaga kerja dapat dicari produktivitas masing tenaga pada setiap pekerjaan, sebagai berikut:

- Produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan pembesian

Berdasarkan SNI 7394 – 2008, diperoleh koefisien tenaga kerja volume pembesian 1 kg, yaitu:

Pekerja = 0,007 OH

Tukang besi = 0,007 OH

Kepala tukang = 0,0007 OH

Mandor = 0,0004 OH

Dengan menggunakan rumus perbandingan, yaitu:

$$\frac{Volume\ x}{Volume\ total} = \frac{koefisien\ x}{koefisien\ total}$$

$$Volume\ x = \frac{koefisien\ x}{koefisien\ total} \times volume\ total$$

Keterangan:

Volume x = besar volume tenaga kerja x yang dicari

Volume total = volume total pekerjaan per hari

Koefisien x = koefisien tenaga kerja x

Koefisien total = jumlah total koefisien tenaga kerja

Dari rumus di atas, diperoleh besar volume pekerjaan masing tenaga kerja, sebagai berikut:

$$Volume\ pembesian\ pekerja = \frac{0,007\ OH}{0,0151\ OH} \times 1\ kg = 0,46\ kg$$

$$Volume\ pembesian\ tukang = \frac{0,007\ OH}{0,0151\ OH} \times 1\ kg = 0,46\ kg$$

$$\text{Volume pembesian kepala tukang} = \frac{0,0007 OH}{0,0151 OH} \times 1 \text{ kg} = 0,05 \text{ kg}$$

$$\text{Volume pembesian mandor} = \frac{0,0004 OH}{0,0151 OH} \times 1 \text{ kg} = 0,03 \text{ kg}$$

Dari besar volume pekerjaan masing tenaga kerja, maka diperoleh produktivitas masing tenaga kerja pembesian, yaitu:

$$\checkmark \text{ Pekerja} = \frac{0,46 \text{ kg}}{0,007 OH} = 65,71 \text{ kg/orang/hari}$$

$$\checkmark \text{ Tukang besi} = \frac{0,46 \text{ kg}}{0,007 OH} = 65,71 \text{ kg/orang/hari}$$

$$\checkmark \text{ Kepala Tukang besi} = \frac{0,05 \text{ kg}}{0,0007 OH} = 71,43 \text{ kg/orang/hari}$$

$$\checkmark \text{ Mandor} = \frac{0,03 \text{ kg}}{0,0004 OH} = 75 \text{ kg/orang/hari}$$

Dengan cara yang sama, dicari produktivitas masing tenaga kerja pada pekerjaan lain.

- Produktivitas tenaga kerja pekerjaan pembetonan

Berdasarkan SNI 7394 – 2008, diperoleh koefisien tenaga kerja volume pembetonan 1 m<sup>3</sup>, yaitu:

Pekerja = 1,65 OH

Tukang batu = 0,275 OH

Kepala tukang = 0,028 OH

Mandor = 0,083 OH

Besar volume pekerjaan masing tenaga kerja:

$$\text{Volume pembetonan pekerja} = \frac{1,65 \text{ OH}}{2,036 \text{ OH}} \times 1 \text{ m}^3 = 0,81 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume pembetonan tukang} = \frac{0,275 \text{ OH}}{2,036 \text{ OH}} \times 1 \text{ m}^3 = 0,14 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume pembetonan kepala tukang} = \frac{0,028 \text{ OH}}{2,036 \text{ OH}} \times 1 \text{ m}^3 = 0,01 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume pembetonan mandor} = \frac{0,083 \text{ OH}}{2,036 \text{ OH}} \times 1 \text{ m}^3 = 0,04 \text{ m}^3$$

Dari besar volume pekerjaan masing tenaga kerja, maka diperoleh produktivitas masing tenaga kerja pembetonan, yaitu:

$$\checkmark \text{ Pekerja} = \frac{0,81 \text{ m}^3}{1,65 \text{ OH}} = 0,49 \text{ m}^3/\text{orang/hari}$$

$$\checkmark \text{ Tukang batu} = \frac{0,14 \text{ m}^3}{0,275 \text{ OH}} = 0,51 \text{ m}^3/\text{orang/hari}$$

$$\checkmark \text{ Kepala Tukang batu} = \frac{0,01 \text{ m}^3}{0,028 \text{ OH}} = 0,36 \text{ m}^3/\text{orang/hari}$$

$$\checkmark \text{ Mandor} = \frac{0,04 \text{ m}^3}{0,083 \text{ OH}} = 0,48 \text{ m}^3/\text{orang/hari}$$

- Produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan pasangan dinding

Berdasarkan SNI 6897 – 2008, diperoleh koefisien tenaga kerja pekerjaan plafond 1 m<sup>2</sup>, yaitu:

Pekerja = 0,6 OH

Tukang batu = 0,2 OH

Kepala tukang = 0,02 OH

Mandor = 0,03 OH

Besar volume pekerjaan masing tenaga kerja:

$$\text{Volume pasangan dinding pekerja} = \frac{0,6 \text{ OH}}{0,85 \text{ OH}} \times 1 \text{ m}^2 = 0,71 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume pasangan dinding tukang} = \frac{0,2 \text{ OH}}{0,85 \text{ OH}} \times 1 \text{ m}^2 = 0,24 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume pasangan dinding kepala tukang} = \frac{0,02 \text{ OH}}{0,85 \text{ OH}} \times 1 \text{ m}^2 = 0,02 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume pasangan dinding mandor} = \frac{0,03 \text{ OH}}{0,85 \text{ OH}} \times 1 \text{ m}^2 = 0,04 \text{ m}^2$$

Dari besar volume pekerjaan masing tenaga kerja, maka diperoleh produktivitas masing tenaga kerja pasangan dinding, yaitu:

$$\checkmark \text{ Pekerja} = \frac{0,71 \text{ m}^2}{0,6 \text{ OH}} = 1,18 \text{ m}^2/\text{orang/hari}$$

$$\checkmark \text{ Tukang batu} = \frac{0,24 \text{ m}^2}{0,2 \text{ OH}} = 1,20 \text{ m}^2/\text{orang/hari}$$

$$\checkmark \text{ Kepala Tukang batu} = \frac{0,02 \text{ m}^2}{0,02 \text{ OH}} = 1 \text{ m}^2/\text{orang/hari}$$



$$✓ \text{ Mandor} = \frac{0,04 \text{ m}^2}{0,03 \text{ OH}} = 1,33 \text{ m}^2/\text{orang/hari}$$

- Produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan plafond

Berdasarkan SNI 2839 – 2008, diperoleh koefisien tenaga kerja volume pasangan dinding 1 m<sup>2</sup>, yaitu:

$$\text{Pekerja} = 0,100 \text{ OH}$$

$$\text{Tukang batu} = 0,050 \text{ OH}$$

$$\text{Kepala tukang} = 0,005 \text{ OH}$$

$$\text{Mandor} = 0,005 \text{ OH}$$

Besar volume pekerjaan masing tenaga kerja:

$$\text{Volume plafond pekerja} = \frac{0,100 \text{ OH}}{0,160 \text{ OH}} \times 1 \text{ m}^2 = 0,63 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume plafond tukang} = \frac{0,050 \text{ OH}}{0,160 \text{ OH}} \times 1 \text{ m}^2 = 0,31 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume plafond kepala tukang} = \frac{0,005 \text{ OH}}{0,160 \text{ OH}} \times 1 \text{ m}^2 = 0,03 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume plafond mandor} = \frac{0,005 \text{ OH}}{0,160 \text{ OH}} \times 1 \text{ m}^2 = 0,03 \text{ m}^2$$

Dari besar volume pekerjaan masing tenaga kerja, maka diperoleh produktivitas masing tenaga kerja plafond, yaitu:

$$✓ \text{ Pekerja} = \frac{0,63 \text{ m}^2}{0,100 \text{ OH}} = 6,30 \text{ m}^2/\text{orang/hari}$$

$$✓ \text{ Tukang kayu} = \frac{0,31 \text{ m}^2}{0,050 \text{ OH}} = 6,20 \text{ m}^2/\text{orang/hari}$$

$$✓ \text{ Kepala Tukang batu} = \frac{0,03 \text{ m}^2}{0,005 \text{ OH}} = 6 \text{ m}^2/\text{orang/hari}$$

$$✓ \text{ Mandor} = \frac{0,03 \text{ m}^2}{0,005 \text{ OH}} = 6 \text{ m}^2/\text{orang/hari}$$

### **b. Batasan produktivitas tenaga kerja**

Batasan produktivitas masing-masing tenaga kerja pada studi ini, diperoleh berdasarkan perbandingan volume yang dikerjakan masing-masing tenaga kerja sebagai batasan produktivitas tenaga kerja. Lebih jelasnya, dilakukan perhitungan sebagai berikut ini:

- Batasan produktivitas tenaga kerja pekerjaan pembesian

Dalam SNI 7394 – 2008, telah ditentukan perbandingan koefisien tenaga kerja pembesian 1 kg, yaitu: 0,007 pekerja : 0,007 tukang besi : 0,0007 kepala tukang : 0,0004 mandor.

Dari perbandingan diatas, dapat dijelaskan untuk menyelesaikan volume pembesian 1 kg, dibutuhkan 0,007 orang pekerja, 0,007 tukang besi, 0,0007 kepala tukang besi dan 0,0004 mandor atau 0,0151 tenaga kerja pembesian. Dengan perbandingan tersebut, besar volume pekerjaan masing-masing tenaga kerja dapat dihitung dengan rumus, berikut ini:

$$\frac{\text{Volume } x}{\text{Volume total}} = \frac{\text{koefisien } x}{\text{koefisien total}}$$

$$\text{Volume } x = \frac{\text{koefisien } x}{\text{koefisien total}} \times \text{volume total}$$

Keterangan:

Volume x = batasan produktivitas tenaga kerja yang dicari

Volume total = volume total pekerjaan per hari

Koefisien x = koefisien tenaga kerja x

Koefisien total= jumlah total koefisien tenaga kerja

Berdasarkan data, diketahui:

Volume total pembesian per hari = 1502,92 kg /hari.

Koefisien pekerja = 0,007

Koefisien tukang besi = 0,007

Koefisien kepala tukang besi = 0,0007

Koefisien mandor = 0,007

Total koefisien kelompok pembesian =  $0,007 + 0,007 + 0,0007 + 0,0004$   
= 0,0151

Sehingga, diperoleh besar volume pekerjaan masing-masing tenaga kerja, yaitu:

$$\text{Volume pembesian pekerja} = \frac{0,007}{0,0151} \times 1502,92 = 696,718 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Volume pembesian tukang besi} = \frac{0,007}{0,0151} \times 1502,92 = 696,718 \text{ kg/hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume pembesian kepala tukang besi} &= \frac{0,0007}{0,0151} \times 1502,92 \\ &= 69,672 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\text{Volume pembesian mandor} = \frac{0,0004}{0,0151} \times 1502,92 = 39,812 \text{ kg/hari}$$

Dari hasil perhitungan diatas, diketahui batasan produktivitas tenaga kerja pembesian per hari, yaitu:

Batasan produktivitas pekerja = 696,718 kg/hari

Batasan produktivitas tukang besi = 696,718 kg/hari

Batasan produktivitas kepala tukang besi = 69,672 kg/hari

Batasan produktivitas mandor = 39,812 kg/hari

- Batasan produktivitas tenaga kerja pekerjaan pembetonan

Dalam SNI 7394 – 2008, telah ditentukan perbandingan koefisien tenaga kerja pembetonan 1 m<sup>3</sup>, yaitu:

Koefisien pekerja = 1,65

Koefisien tukang batu = 0,275

Koefisien kepala tukang batu = 0,028

Koefisien mandor = 0,083

Berdasarkan data, diketahui:

Volume total pembetonan per hari = 9,15 m<sup>3</sup>/hari.

Total koefisien kelompok pembetonan = 1,65 + 0,275 + 0,028 + 0,083

= 2,036

Dengan cara yang sama seperti pada batasan produktivitas pembesian, dengan menggunakan rumus:

$$Volume\ x = \frac{koefisien\ x}{koefisien\ total} \times volume\ total$$

Maka, diperoleh besar volume pekerjaan masing-masing tenaga kerja, yaitu:

$$\text{Volume pembetonan pekerja} = \frac{1,65}{2,036} \times 9,15 = 7,415 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Volume pembetonan tukang batu} = \frac{0,275}{2,036} \times 9,15 = 1,236 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume pembetonan kepala tukang batu} &= \frac{0,028}{2,036} \times 9,15 \\ &= 0,126 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\text{Volume pembetonan mandor} = \frac{0,083}{2,036} \times 9,15 = 0,373 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Dari hasil perhitungan diatas, diketahui batasan produktivitas tenaga kerja pembetonan per hari, yaitu:

$$\text{Batasan produktivitas pekerja} = 7,415 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Batasan produktivitas tukang batu} = 1,236 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Batasan produktivitas kepala tukang batu} = 0,126 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Batasan produktivitas mandor} = 0,373 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Batasan produktivitas tenaga kerja pekerjaan pasangan dinding

Dalam SNI 6897-2008, telah ditentukan perbandingan koefisien tenaga kerja pasangan dinding 1 m<sup>2</sup>, yaitu:

$$\text{Koefisien pekerja} = 0,600$$

$$\text{Koefisien tukang batu} = 0,200$$

$$\text{Koefisien kepala tukang batu} = 0,020$$

$$\text{Koefisien mandor} = 0,030$$

Berdasarkan data, diketahui:

$$\text{Volume total pasangan dinding per hari} = 20,065 \text{ m}^2/\text{hari}.$$

$$\begin{aligned}\text{Koefisien kelompok pasangan dinding} &= 0,600 + 0,200 + 0,020 + 0,030 \\ &= 0,850\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama seperti pada batasan produktivitas pembesian, dengan menggunakan rumus perbandingan, diperoleh besar volume pekerjaan masing-masing tenaga kerja, yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Volume pekerjaan pasangan dinding pekerja} &= \frac{0,600}{0,850} \times 20,065 \\ &= 14,1635 \text{ m}^2/\text{hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume pekerjaan pasangan dinding tukang batu} &= \frac{0,200}{0,850} \times 20,065 \\ &= 4,7212 \text{ m}^2/\text{hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume pekerjaan pasangan dinding kepala tukang batu} &= \frac{0,020}{0,850} \times 20,065 \\ &= 0,4721 \text{ m}^2/\text{hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume pekerjaan pasangan dinding mandor} &= \frac{0,030}{0,850} \times 20,065 \\ &= 0,7082 \text{ m}^2/\text{hari}\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas, diketahui batasan produktivitas tenaga kerja pasangan dinding per hari, yaitu:

$$\text{Batasan produktivitas pekerja} = 14,1635 \text{ m}^2/\text{hari}$$

$$\text{Batasan produktivitas tukang batu} = 4,7212 \text{ m}^2/\text{hari}$$

$$\text{Batasan produktivitas kepala tukang batu} = 0,4721 \text{ m}^2/\text{hari}$$

$$\text{Batasan produktivitas mandor} = 0,7082 \text{ m}^2/\text{hari}$$

- Batasan produktivitas tenaga kerja pekerjaan plafond

Dalam SNI 2839 –2008, telah ditentukan perbandingan koefisien tenaga kerja pekerjaan plafond 1 m<sup>2</sup>, yaitu:

Koefisien pekerja = 0,100

Koefisien tukang batu = 0,050

Koefisien kepala tukang batu = 0,005

Koefisien mandor = 0,005

Berdasarkan data, diketahui:

Volume total pembetonan per hari = 17,042 m<sup>2</sup>/hari.

$$\begin{aligned}\text{Total koefisien kelompok pembetonan} &= 0,100 + 0,050 + 0,005 + 0,05 \\ &= 0,16\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama seperti pada batasan produktivitas pembesian, dengan menggunakan rumus:

$$\text{Volume } x = \frac{\text{koefisien } x}{\text{koefisien total}} \times \text{volume total}$$

Maka, diperoleh besar volume pekerjaan masing-masing tenaga kerja, yaitu:

$$\text{Volume pekerjaan plafond pekerja} = \frac{0,100}{0,160} \times 17,042 = 10,651 \text{ m}^2/\text{hari}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume pekerjaan plafond tukang kayu} &= \frac{0,050}{0,160} \times 17,042 \\ &= 5,325 \text{ m}^2/\text{hari}\end{aligned}$$

$$\text{Volume pekerjaan plafond kepala tukang kayu} = \frac{0,005}{0,160} \times 17,042$$

$$=0,532 \text{ m}^2/\text{hari}$$

$$\text{Volume pekerjaan plafond mandor} = \frac{0,005}{0,160} \times 17,042$$

$$=0,532 \text{ m}^2/\text{hari}$$

Dari hasil perhitungan diatas, diketahui batasan produktivitas tenaga kerja pekerjaan plafond per hari, yaitu:

$$\text{Batasan produktivitas pekerja} = 10,651 \text{ m}^2/\text{hari}$$

$$\text{Batasan produktivitas tukang kayu} = 5,325 \text{ m}^2/\text{hari}$$

$$\text{Batasan produktivitas kepala tukang kayu} = 0,532 \text{ m}^2/\text{hari}$$

$$\text{Batasan produktivitas mandor} = 0,532 \text{ m}^2/\text{hari}$$

### c. Persamaan fungsi pembatas produktivitas tenaga kerja

Setelah diketahui ukuran produktivitas dan batasan produktivitas tenaga kerja pada masing-masing pekerjaan, hasil perhitungan tersebut dimasukkan ke dalam formulasi persamaan fungsi pembatas, sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

➤ Persamaan fungsi pembatas pada pekerjaan pembesian

$$65,71. X_1 \leq 696,718 \quad (\text{batasan produktivitas pekerja})$$

$$65,71. X_2 \leq 696,718 \quad (\text{batasan produktivitas tukang besi})$$

$$71,43. X_5 \leq 69,672 \quad (\text{batasan produktivitas kepala tukang besi})$$

$$75. X_8 \leq 39,812 \quad (\text{batasan produktivitas mandor})$$



➤ Persamaan fungsi pembatas pada pekerjaan pembetonan

$$0,49. X_1 \leq 7,415 \quad (\text{batasan produktivitas pekerja})$$

$$0,51. X_3 \leq 1,236 \quad (\text{batasan produktivitas tukang batu})$$

$$0,36. X_6 \leq 0,126 \quad (\text{batasan produktivitas kepala tukang batu})$$

$$0,48 . X_8 \leq 0,373 \quad (\text{batasan produktivitas mandor})$$

➤ Persamaan fungsi pembatas pada pekerjaan pasangan dinding

$$1,18. X_1 \leq 14,1635 \quad (\text{batasan produktivitas pekerja})$$

$$1,20. X_3 \leq 4,7212 \quad (\text{batasan produktivitas tukang batu})$$

$$1. X_6 \leq 0,4721 \quad (\text{batasan produktivitas kepala tukang batu})$$

$$1,33. X_8 \leq 0,7082 \quad (\text{batasan produktivitas mandor})$$

➤ Persamaan fungsi pembatas pada pekerjaan plafond

$$6,30. X_1 \leq 10,651 \quad (\text{batasan produktivitas pekerja})$$

$$6,20. X_4 \leq 5,325 \quad (\text{batasan produktivitas tukang kayu})$$

$$6. X_7 \leq 0,532 \quad (\text{batasan produktivitas kepala tukang kayu})$$

$$6. X_8 \leq 0,532 \quad (\text{batasan produktivitas mandor})$$

### 3. Jumlah tenaga kerja proyek

Jumlah tenaga kerja sebagai salah satu fungsi pembatas, artinya jumlah tenaga dijadikan batasan jumlah yang tersedia pada lapangan proyek. Dalam studi ini disimbolkan batasan jumlah tenaga kerja disimbolkan sebagai  $b_2$ . Jika ditulis dalam formulasi persamaan fungsi batasan, yaitu:

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 \leq b_3$$

**Keterangan:**

$X_1$  = Jumlah pekerja yang dicari

$X_2$  = Jumlah tukang besi yang dicari

$X_3$  = Jumlah tukang batu yang dicari

$X_4$  = Jumlah tukang kayu yang dicari

$X_5$  = Jumlah kepala tukang besi yang dicari

$X_6$  = Jumlah kepala tukang batu yang dicari

$X_7$  = Jumlah kepala tukang kayu yang dicari

$X_8$  = Jumlah mandor yang dicari

$b_3$  = batasan jumlah tenaga kerja

Berdasarkan hasil analisa sumber daya tenaga kerja, diperoleh jumlah tenaga kerja awal, sebagai berikut:

**Tabel 4.7** Tabel jumlah tenaga kerja

No	Nama Pekerjaan	Tenaga Kerja				Jumlah
		Pekerja	Tukang besi	Kepala tukang besi	Mandor	
<b>A</b>	Pekerjaan Pembesian	11	11	2	1	<b>25</b>
		<b>Pekerja</b>	<b>Tukang batu</b>	<b>Kepala tukang batu</b>	<b>Mandor</b>	
<b>B</b>	Pekerjaan Pambetonan	16	3	1	1	<b>21</b>
<b>C</b>	Pekerjaan pasangan dinding bata	13	5	1	1	<b>20</b>
		<b>Pekerja</b>	<b>Tukang kayu</b>	<b>Kepala tukang kayu</b>	<b>Mandor</b>	
<b>D</b>	Pekerjaan Plafond gypsum	2	1	1	1	<b>5</b>

Dari tabel 4.7 tersebut, dapat diketahui total jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan pada masing-masing pekerjaan, yaitu:

- Jumlah total tenaga kerja pekerjaan pembesian = 25 orang
- Jumlah total tenaga kerja pekerjaan pambetonan = 21 orang
- Jumlah total tenaga kerja pekerjaan pasangan dinding = 20 orang
- Jumlah total tenaga kerja pekerjaan plafond = 5 orang

Jumlah total tenaga kerja di atas merupakan batasan kapasitas jumlah tenaga kerja pada masing-masing pekerjaan. Setelah diketahui batasan jumlah tenaga kerja pada masing-masing pekerjaan, maka

diperoleh persamaan fungsi pembatas pada masing-masing pekerjaan, sebagai berikut:

- Persamaan fungsi pembatas pekerjaan pembesian

$$X_1 + X_2 + X_5 + X_8 \leq 25 \quad (\text{batasan tenaga kerja pembesian})$$

- Persamaan fungsi pembatas pekerjaan pembetonan

$$X_1 + X_3 + X_6 + X_8 \leq 21 \quad (\text{batasan tenaga kerja pembetonan})$$

- Persamaan fungsi pembatas pekerjaan pasangan dinding

$$X_1 + X_3 + X_6 + X_8 \leq 20 \quad (\text{batasan tenaga kerja pasangan dinding})$$

- Persamaan fungsi pembatas pekerjaan plafond

$$X_1 + X_4 + X_7 + X_8 \leq 5 \quad (\text{batasan tenaga kerja plafond})$$

#### 4.2.3 Sistematis Persamaan Simpleks

Setelah data yang diperlukan dalam penetapan fungsi tujuan dan fungsi batasan telah memenuhi ketentuan formulasi. Secara sistematis keseluruhan persamaan tersebut disusun sebagai berikut:

##### a. Persamaan simpleks pada pekerjaan pembesian

Fungsi tujuan

$$\text{Minimumkan } Z = -8.X_1 - 12.X_2 - 14.X_5 - 16.X_8 \quad (\times 10000)$$

Batasan-batasan :

- $65,71 X_1 + 65,71 X_2 + 71,43 X_5 + 75 X_8 \leq 1502,92$  (batasan volume per hari)
- $65,71. X_1 \leq 696,718$  (batasan produktivitas pekerja)
- $65,71. X_2 \leq 696,718$  (batasan produktivitas tukang besi)
- $71,43. X_5 \leq 69,672$  (batasan produktivitas kepala tukang besi)
- $75. X_8 \leq 39,812$  (batasan produktivitas mandor)
- $X_1 + X_2 + X_5 + X_8 \leq 25$  (batasan tenaga kerja pembesian)

##### b. Persamaan simpleks pada pekerjaan pembetonan

Fungsi tujuan

$$\text{Minimumkan } Z = -8.X_1 - 12.X_3 - 14.X_6 - 16.X_8 \quad (\times 10000)$$

Batasan-batasan :

- $0,49 X_1 + 0,51 X_3 + 0,36 X_6 + 0,48 X_8 \leq 9,15$  (batasan volume per hari)
- $0,49. X_1 \leq 7,415$  (batasan produktivitas pekerja)
- $0,51. X_3 \leq 1,236$  (batasan produktivitas tukang batu)
- $0,36. X_6 \leq 0,126$  (batasan produktivitas kepala tukang batu)
- $0,48. X_8 \leq 0,373$  (batasan produktivitas mandor)

$$\text{➤ } X_1 + X_3 + X_6 + X_8 \leq 21 \quad (\text{batasan tenaga kerja pembetonan})$$

c. Persamaan simpleks pada pekerjaan pasangan dinding

Fungsi tujuan

$$\text{Minimumkan } Z = -8.X_1 - 12.X_3 - 14.X_6 - 16.X_8 \quad (\times 10000)$$

Batasan-batasan :

- $1,18 X_1 + 1,20 X_3 + 1X_6 + 1,33 X_8 \leq 20,064$  (batasan volume per hari)
- $1,18. X_1 \leq 14,1635$  (batasan produktivitas pekerja)
- $1,20. X_3 \leq 4,7212$  (batasan produktivitas tukang batu)
- $1. X_6 \leq 0,4721$  (batasan produktivitas kepala tukang batu)
- $1,33. X_8 \leq 0,7082$  (batasan produktivitas mandor)
- $X_1 + X_3 + X_6 + X_8 \leq 20$  (batasan tenaga kerja pasangan dinding)

d. Persamaan simpleks pada pekerjaan plafond

Fungsi tujuan

$$\text{Minimumkan } Z = -8.X_1 - 12.X_4 - 14.X_7 - 16.X_8 \quad (\times 10000)$$

Batasan-batasan :

- $6,30 X_1 + 6,20 X_3 + 6 X_6 + 6 X_8 \leq 17,042$  (batasan volume per hari)
- $6,30. X_1 \leq 10,651$  (batasan produktivitas pekerja)
- $6,20. X_4 \leq 5,325$  (batasan produktivitas tukang kayu)
- $6. X_7 \leq 0,532$  (batasan produktivitas kepala tukang kayu)
- $6. X_8 \leq 0,532$  (batasan produktivitas mandor)
- $X_1 + X_4 + X_7 + X_8 \leq 5$  (batasan tenaga kerja plafond)

### 4.3 Analisa Persamaan Metode Simpleks dengan Software Computer LiPS

Setelah diketahui persamaan fungsi tujuan dan fungsi pembatas semua, kemudian persamaan akan dioptimasi dengan menggunakan software computer *Linear Program Solver* (LiPS) seperti berikut ini:

#### 1. Optimasi jumlah tenaga kerja dengan program LiPS

Setelah persamaan fungsi tujuan dan pembatas pekerjaan diketahui, diambil contoh pada pekerjaan pembesian:

Fungsi tujuan

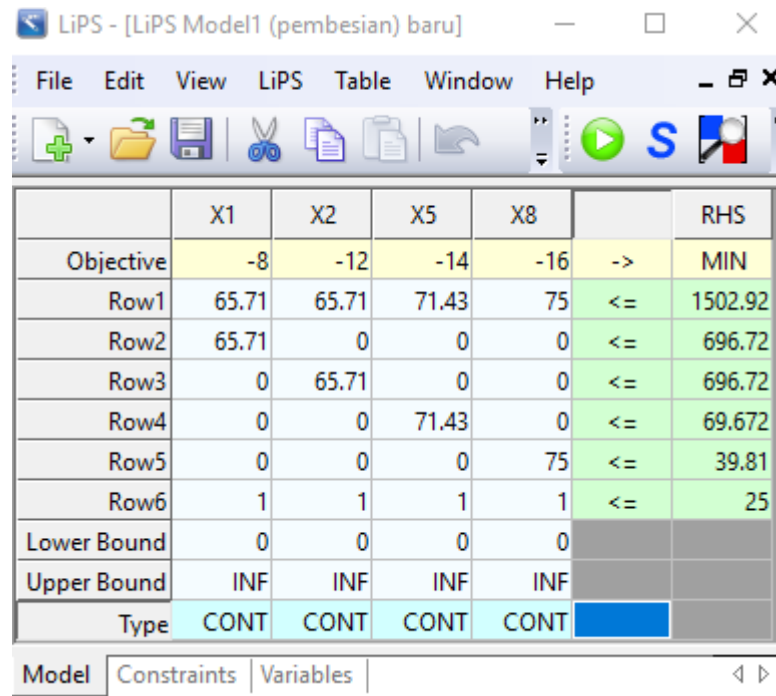
$$\text{Minimumkan } Z = -8.X_1 - 12.X_2 - 14.X_5 - 16.X_8 \quad (\times 10000)$$

Batasan-batasan :

- $65,71 X_1 + 65,71 X_2 + 71,43 X_5 + 75 X_8 \leq 1502,92$  (batasan volume per hari)
- $65,71. X_1 \leq 696,718$  (batasan produktivitas pekerja)
- $65,71. X_2 \leq 696,718$  (batasan produktivitas tukang besi)
- $71,43. X_5 \leq 69,672$  (batasan produktivitas kepala tukang besi)
- $75. X_8 \leq 39,812$  (batasan produktivitas mandor)
- $X_1 + X_2 + X_5 + X_8 \leq 25$  (batasan tenaga kerja pembesian)

Langkah selanjutnya yaitu memasukkan persamaan fungsi tujuan dan fungsi batasan pada tabel program simpleks seperti pada tabel 4.8.


**Tabel 4.8** Tampilan *Input data* persamaan fungsi tujuan dan fungsi batasan pada program LiPS



The screenshot shows the LiPS software window titled "LiPS - [LiPS Model1 (pembesian) baru]". The interface includes a menu bar (File, Edit, View, LiPS, Table, Window, Help) and a toolbar with various icons. The main area displays a table with the following data:

	X1	X2	X5	X8		RHS
Objective	-8	-12	-14	-16	->	MIN
Row1	65.71	65.71	71.43	75	<=	1502.92
Row2	65.71	0	0	0	<=	696.72
Row3	0	65.71	0	0	<=	696.72
Row4	0	0	71.43	0	<=	69.672
Row5	0	0	0	75	<=	39.81
Row6	1	1	1	1	<=	25
Lower Bound	0	0	0	0		
Upper Bound	INF	INF	INF	INF		
Type	CONT	CONT	CONT	CONT		

At the bottom of the window, there are tabs for "Model", "Constraints", and "Variables". The "Model" tab is currently selected.

- Setelah semua fungsi persamaan simpleks dimasukkan ke dalam tabel program LiPs. Kemudian dilakukan proses iterasi dengan cara klik icon *solve* , sehingga program dengan otomatis akan melakukan iterasi analisa simpleks dan mendapatkan hasil optimasi seperti pada tabel 4.9.



**Tabel. 4.9** Hasil Analisa

*** RESULTS - VARIABLES ***			
Variable	Value	Obj. Cost	Reduced Cost
x1	10.6029	-8	0
x2	10.603	-12	0
x5	0.975388	-14	0
x8	0.5308	-16	0

Dari tabel 4.9, diperoleh hasil optimasi jumlah alokasi tenaga kerja, pada pekerjaan pembesian, yaitu:

$X_1 = 10,6029 \approx 11$  orang (pekerja)

$X_2 = 10,6029 \approx 11$  orang (tukang besi)

$X_5 = 0,975388 \approx 1$  orang (kepala tukang besi)

$X_8 = 0,5308 \approx 1$  orang (mandor)

Dengan cara yang sama, dilakukan optimasi jumlah tenaga kerja dengan program LiPS pada pekerjaan lainnya. Sehingga diperoleh hasil analisa optimasi seluruh jumlah tenaga kerja serta biaya upah optimum.

#### 4.4 Hasil Analisa

Berdasarkan hasil analisa dengan metode simpleks menggunakan software LiPS diperoleh hasil analisa, sebagai berikut:

1. Jumlah alokasi tenaga kerja pada masing-masing pekerjaan

Dari hasil analisa simpleks diperoleh perbandingan jumlah tenaga kerja awal dengan jumlah tenaga kerja setelah dioptimasi yaitu, sebagai berikut:

- Pada pekerjaan pembesian

Jumlah awal tenaga kerja pembesian, yaitu:

Pekerja = 11 orang

Tukang besi = 11 orang

Kepala tukang besi = 2 orang

Mandor = 1 orang

Hasil optimasi, diperoleh:

Pekerja = 11 orang

Tukang besi = 11 orang

Kepala tukang besi = 1

Mandor = 1

- Pada pekerjaan pembetonan

Jumlah awal tenaga kerja pembetonan, yaitu:

Pekerja = 16 orang

Tukang batu = 3 orang

Kepala tukang batu = 1 orang

Mandor = 1 orang

Hasil optimasi, diperoleh:

Pekerja = 15 orang

Tukang batu = 2 orang

Kepala tukang batu = 0

Mandor = 1

- Pada pekerjaan pasangan dinding

Jumlah awal tenaga kerja pekerjaan pasangan dinding, yaitu:

Pekerja = 13 orang

Tukang batu = 5 orang

Kepala tukang batu = 1 orang

Mandor = 1 orang

Hasil optimasi, diperoleh:

Pekerja = 12 orang

Tukang batu = 4 orang

Kepala tukang batu = 0

Mandor = 1

- Pada pekerjaan plafond

Jumlah awal tenaga kerja pekerjaan plafond, yaitu:

Pekerja = 2 orang

Tukang kayu = 1 orang

Kepala tukang kayu = 1 orang

Mandor = 1 orang

Hasil optimasi, diperoleh:

Pekerja = 2 orang

Tukang kayu = 1 orang

Kepala tukang kayu = 0

Mandor = 0

## 2. Biaya optimum (Z)

Dari jumlah data tenaga kerja awal dan hasil optimasi simpleks dilakukan perbandingan biaya upah tenaga kerja pada masing-masing pekerjaan, sebagai berikut:

- Pada pekerjaan pembesian

Biaya upah awal, yaitu:

$$\begin{aligned} Z &= 80000 X_1 + 120000 X_2 + 140000 X_5 + 160000 X_8 \\ &= (80000 \times 11) + (120000 \times 11) + (140000 \times 2) + (160000 \times 1) \\ &= \text{Rp. 2.640.000,- / hari} \end{aligned}$$

Dari hasil optimasi simpleks, diperoleh biaya upah minimum:

$$\begin{aligned} Z &= 80000 X_1 + 120000 X_2 + 140000 X_5 + 160000 X_8 \\ &= (80000 \times 11) + (120000 \times 11) + (140000 \times 1) + (160000 \times 1) \\ &= \text{Rp. 2.500.000,- / hari} \end{aligned}$$

- Pada pekerjaan pembetonan

Biaya upah awal, yaitu:

$$\begin{aligned} Z &= 80000 X_1 + 120000 X_3 + 140000 X_6 + 160000 X_8 \\ &= (80000 \times 16) + (120000 \times 3) + (140000 \times 1) + (160000 \times 1) \\ &= \text{Rp. 1.940.000,- / hari} \end{aligned}$$

Dari hasil optimasi simpleks, diperoleh biaya upah minimum:

$$\begin{aligned} Z &= 80000 X_1 + 120000 X_2 + 140000 X_5 + 160000 X_8 \\ &= (80000 \times 15) + (120000 \times 2) + (140000 \times 0) + (160000 \times 1) \\ &= \text{Rp. 1.600.000,- / hari} \end{aligned}$$

- Pada pekerjaan pasangan dinding

Biaya upah awal, yaitu:

$$\begin{aligned} Z &= 80000 X_1 + 120000 X_3 + 140000 X_6 + 160000 X_8 \\ &= (80000 \times 13) + (120000 \times 5) + (140000 \times 1) + (160000 \times 1) \\ &= \text{Rp. 1.940.000,- / hari} \end{aligned}$$

Dari hasil optimasi simpleks, diperoleh biaya upah minimum:

$$\begin{aligned} Z &= 80000 X_1 + 120000 X_2 + 140000 X_5 + 160000 X_8 \\ &= (80000 \times 12) + (120000 \times 4) + (140000 \times 0) + (160000 \times 1) \\ &= \text{Rp. 1.600.000,- / hari} \end{aligned}$$

- Pada pekerjaan plafond

Biaya upah awal, yaitu:

$$\begin{aligned} Z &= 80000 X_1 + 120000 X_3 + 140000 X_6 + 160000 X_8 \\ &= (80000 \times 2) + (120000 \times 1) + (140000 \times 1) + (160000 \times 1) \end{aligned}$$

$$= \text{Rp. } 580.000,- / \text{ hari}$$

Dari hasil optimasi simpleks, diperoleh biaya upah minimum:

$$Z = 80000 X_1 + 120000 X_2 + 140000 X_5 + 160000 X_8$$

$$= (80000 \times 2) + (120000 \times 1) + (140000 \times 0) + (160000 \times 0)$$

$$= \text{Rp. } 280.000,- / \text{ hari}$$

3. Tabel lengkap perbandingan biaya upah dan jumlah tenaga kerja

Berdasarkan hasil analisa diatas, secara lengkap dapat ditabelkan sebagai berikut ini:

**Tabel 4.10** Perbandingan biaya upah dan jumlah tenaga kerja awal dengan biaya upah dan jumlah tenaga kerja hasil optimasi

No	Uraian pekerjaan	Notasi dalam simpleks	Jumlah tenaga kerja awal	Upah tenaga kerja perhari	Biaya upah perhari tenaga kerja awal	Jumlah tenaga kerja Hasil Simpleks	Biaya upah perhari hasil simpleks
<i>Rumus:</i>			<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3 = 1 x 2</i>	<i>4</i>	<i>5 = 2 x 4</i>
1	Pekerjaan pembesian						
	Pekerja	$X_1$	11	Rp. 80000	Rp. 880.000,00	11	Rp. 880.000,00
	Tukang besi	$X_2$	11	Rp. 120000	Rp. 1.320.000,00	11	Rp. 1.320.000,00
	Kepala tukang besi	$X_3$	2	Rp. 140000	Rp. 280.000,00	1	Rp. 140.000,00
	Mandor	$X_4$	1	Rp. 160000	Rp. 160.000,00	1	Rp. 160.000,00
	Total biaya			=	Rp. 2.640.000,00		Rp. 2.500.000,00
2	Pekerjaan pembetonan						
	Pekerja	$X_1$	16	Rp. 80000	Rp. 1.280.000,00	15	Rp. 1.200.000,00
	Tukang besi	$X_2$	3	Rp. 120000	Rp. 360.000,00	2	Rp. 240.000,00
	Kepala tukang besi	$X_3$	1	Rp. 140000	Rp. 140.000,00	0	Rp. -
	Mandor	$X_4$	1	Rp. 160000	Rp. 160.000,00	1	Rp. 160.000,00
	Total biaya			=	Rp. 1.940.000,00		Rp. 1.600.000,00
3	Pekerjaan pasangan dinding						
	Pekerja	$X_1$	13	Rp. 80000	Rp. 1.040.000,00	12	Rp. 960.000,00
	Tukang besi	$X_2$	5	Rp. 120000	Rp. 600.000,00	4	Rp. 480.000,00
	Kepala tukang besi	$X_3$	1	Rp. 140000	Rp. 140.000,00	0	Rp. -
	Mandor	$X_4$	1	Rp. 160000	Rp. 160.000,00	1	Rp. 160.000,00
	Total biaya			=	Rp. 1.940.000,00		Rp. 1.600.000,00

Sambungan ..... Tabel 4.10 Hasil Analisa

No	Uraian pekerjaan	Notasi dalam simpleks	Jumlah tenaga kerja awal	Upah tenaga kerja perhari	Biaya upah perhari tenaga kerja awal	Jumlah tenaga kerja Hasil Simpleks	Biaya upah perhari hasil simpleks
4	Pekerjaan plafond						
	Pekerja	X <sub>1</sub>	2	Rp. 80000	Rp. 160.000,00	2	Rp. 160.000,00
	Tukang besi	X <sub>4</sub>	1	Rp. 120000	Rp. 120.000,00	1	Rp. 120.000,00
	Kepala tukang besi	X <sub>7</sub>	1	Rp. 140000	Rp. 140.000,00	0	Rp. -
	Mandor	X <sub>8</sub>	1	Rp. 160000	Rp. 160.000,00	0	Rp. -
	Total biaya			=	Rp. 580.000,00		Rp. 280.000,00



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Dari analisa simpleks dengan program LiPS diperoleh jumlah alokasi tenaga kerja konstruksi yang optimal pada proyek pembangunan Gedung ruang arsip dan ruang serbaguna balai sarana dan pra sarana unit hidrologi Tahap 2, yaitu sebagai berikut:

- Pekerja = 40 orang
- Tukang besi = 11 orang
- Tukang batu = 6 orang
- Tukang kayu = 1 orang
- Kepala tukang besi = 1 orang
- Kepala tukang batu = 0
- Kepala tukang kayu = 0
- Mandor = 1 orang

Keterangan:

Dari hasil optimasi, jumlah mandor diperoleh = 3 orang. Namun, pada hasil kesimpulan ditulis 1 orang saja, karena pada kondisi lapangan seorang mandor dapat mengawasi seluruh pekerjaan konstruksi.

2. Berdasarkan jumlah tenaga kerja awal sebelum dioptimasi, biaya tenaga kerja awal adalah Rp. 7.100.000,-/hari. Setelah dioptimasi dengan metode simpleks diperoleh biaya optimum pekerjaan per hari yaitu = Rp.5.980.000,-/hari, artinya telah dilakukan penghematan sebesar 15,77 % dari biaya awal.

## **5.2 Saran**

Dari hasil analisa dan kesimpulan, maka penulis berharap:

- 1) Untuk studi selanjutnya, adanya pengembangan berkaitan dengan sumber-sumber yang terbatas pada proyek. Diharapkan dengan metode ini dapat dicari jumlah optimal pada sumber-sumber yang terbatas lainnya, misalnya: jumlah bahan konstruksi, jumlah alat-alat konstruksi dan lain-lain.
- 2) Dalam mengalokasikan jumlah tenaga kerja pada sebuah proyek secara efisien dapat digunakan metode simpleks atau program bantu lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aminudin, 2005. *Prinsip-Prinsip Riset Operasi*, Erlangga, Jakarta.
- Anugerah, Renty. 2014 *Pendekatan Program Linear dalam Perencanaan Tenaga Kerja Pada DEPT. HEAD ANALIZE di PT. Indonesia Epsom Industri*. Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jakarta.
- Balitbang PU. 2012. *Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum*. Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Dipohusodo, Istimawan. 1996. *Manajemen Proyek dan Konstuksi jilid I*. Kanisius, Yogyakarta.
- Dipohusodo, Istimawan. 1996. *Manajemen Proyek dan Konstuksi jilid II*. Kanisius, Yogyakarta.
- Ervianto, Wulfram I. 2003. *Manajemen Proyek Konstruksi*. Andi Yogyakarta, Yogyakarta.
- Husein, Abrar. 2011. *Manajemen Proyek, Penjadwalan, dan Pengendalian Proyek*. ANDI Yogyakarta, Yogyakarta.
- Pusat Bahasa Departemen Pendidikan Nasional. 2008. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Pusat Bahasa Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta.
- Siswanto, Wawan P. 2012. *Optimasi Jumlah Tenaga Kerja Konstruksi Oleh Kontraktor dengan Program Linear*. ITN Malang, Malang.
- SNI 7394 : 2008, *Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton Untuk Konstruksi Bangunan Gedung Dan Perumahan*.
- Soeharto, Iman. 1995. *Manajemen Proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional*. Erlangga, Jakarta.
- Subagyo, Pangestu. Asri, Marwan & Handoko, T. Hani. 1984. *Dasar-Dasar Riset Operasi (Operation Researh)*. BPFE, Yogyakarta.
- Umar, Husein. 1999. *Riset Sumber Daya Manusia dalam Organisasi*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.